

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abderrahmane Mira – Béjaia

Faculté de Technologie

Département Génie électrique

En vue de l'obtention du diplôme Master en Télécommunication

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Thème :

**Gestion de handover dans les réseaux
hétérogènes**

Réalisé par :

- Ait Radi Hanane
- Ouaret Fahem

Encadré par :

Mme. Mezhoud

Membre de jury :

Mr. Berrah S

Mr. Tounsi M

Année universitaire 2019/2020

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

A Notre Encadrant

Mme. Mezhoud

Veuillez bien Madame recevoir notre remerciement pour le grand honneur que vous nous avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.

Que vous trouvez dans ce travail un hommage vivant à votre haute personnalité.

Nos remerciements à tous les membres des jurys qui ont accepté d'examiner notre travail

Nous tenons à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail.

A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.

Dédicace

Je dédie ce travail

À mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés. Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À mes chers et adorables frères et sœurs

Lili, Mami, Nassim, Ouiza et Lynda

À mes chers petits « neveu et nièce »

Ilhan et Imen

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

À mes chers grands parents

Qui m'ont accompagné par leurs prières, puisse dieu leur prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur.

Je dédie aussi ce travail:

À mes chers oncles, tantes, leurs époux et épouses, À mes chers cousins cousines, À mes amis : Sara, Katia, Thiziri, Bassma, À mon camarade Fahem.

À tout ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Hanane

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

À la mémoire de mon cher Père

À la mémoire de mon cher papa, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, j'aurais aimé que tu sois à mes côtés ce jour-ci, et que tu sois fier de ton fils qui t'as toujours admiré depuis tout petit.

Que cet humble travail soit une prière pour le repos de ton âme.

À ma chère Mère

Je sais qu'aucune dédicace ne pourrait suffire pour dire toutes les belles choses que tu m'as apportées dans chaque un des jours de ma vie.

Je tiens à te remercier pour tout l'amour que tu me donne au quotidien et les incapables sacrifices que tu avais faits pour me voir réussir j'espère que tu es fière de ce que j'ai pu réaliser jusqu'à maintenant.

À ma Sœur

Ma sœur, qui a tant été à mes côtés le long des toutes ces années, je te fais cette dédicace pour te remercier pour ta présence et ta patience avec moi, tout en sachant que ce modeste travail demeure infime, par rapport à tout ce que tu m'as apporté.

Je dédie aussi ce travail à : ma binôme Hanane, Ma cousine Yasmina, mon beau-frère Salim, ainsi qu'à Bachir, Adel, Ilimas et à tous mes amis qui m'ont aidé.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les réseaux hétérogènes	
1.1 Introduction :	3
1.2 Générations des réseaux mobiles :	3
1.2.1 Première génération (1G)	4
1.2.2 Deuxième génération (2G)	4
1.2.2.1 GSM (Global System for Mobile communications):	4
1.2.2.2 GPRS (General Packet Radio Service):	5
1.2.2.3 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution):	5
1.2.3 Troisième génération (3G)	5
1.2.3.1 Système universel de télécommunications mobiles (UMTS).....	6
1.2.3.2 Accès multiple par répartition de code à large bande (WCDMA)	7
1.2.3.3 Accès multiple par division de code 2000 (CDMA2000)	7
1.2.4 Quatrième génération (4G) :	7
1.2.4.1 LTE (Long Term Evolution) :	8
1.2.4.2 La méthode d'accès OFDMA :	8
1.2.4.3 La méthode d'accès SC-FDMA :	8
1.2.4.4 Techniques de modulations adaptatives au réseau LTE	8
1.2.4.5 Système MIMO :	9
1.2.5 Cinquième génération (5G) :	9
1.3 Les Standards IEEE	10
1.3.1 LE STANDARD IEEE 802.11 : WI-FI	10
1.3.2 LE STANDARD IEEE 802.16 : WIMAX FIXE ET MOBILE	12
1.4 Environnement des réseaux hétérogènes :	12

1.5	Gestion de handover dans les réseaux :	13
1.5.1	Classification de handover :	14
1.5.1.1	le handover horizontal et vertical :	14
1.5.1.2	Hard handover et soft handover :	14
1.5.2	Différents types de Handover :.....	15
1.5.2.1	Mobile Controlled Handover Decision (MCHO).....	15
1.5.2.2	Network Controlled Handover Decision (NCHO)	15
1.6	Conclusion	16

Chapitre II : Algorithmes de Décision de handover vertical

2.1	Introduction	17
2.2	Processus de handover vertical	17
2.3	Les phases d'un handover vertical	18
2.3.1	Phase I: Initiation du handover et collecte d'informations.....	18
2.3.2	Phase II: Sélection du réseau destination	18
2.3.3	Phase III: Exécution du handover	18
2.4	Les algorithmes de décision du handover vertical:	18
2.4.1	Algorithmes basés sur la Puissance du signal reçu (RSS) :	19
2.4.2	Algorithmes basé sur le rapport signal sur bruit SNR.....	19
2.4.3	Algorithmes basés sur la bande passante :	20
2.4.4	Algorithmes basés sur la fonction de coût :	21
2.4.5	Algorithmes basés sur l'intelligence artificielle :.....	22
2.5	Choix de l'algorithme :.....	22
2.6	Choix des réseaux hétérogènes :.....	22
2.7	Architecture de réseau LTE :.....	23
2.8	Le handover dans LTE	24
2.9	Architecture Wimax :	25
2.10	Le handover dans Wimax :.....	26

2.11	Conclusion :	27
------	--------------------	----

Chapitre III : Simulations et interprétation

3.1	Introduction	28
3.2	Présentation de logiciel Matlab :	28
3.3	Le scénario de l'algorithme utilisé :	28
3.4	Modèle mathématique :	30
3.4.1	Modèle de perte de chemin simplifié	30
3.4.2	Rapport puissance signal/ Bruit	31
3.4.3	Débit de données :	31
3.4.4	Débit:	32
3.5	Paramètres de simulation :	33
3.6	Résultats de la simulation et discussion:	34
3.7	Conclusion	43
	Conclusion générale	44

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Généralités sur les réseaux hétérogènes

Figure 1 1 : Evolution des générations mobiles.	10
Figure 1 2 : Environnement hétérogène	13
Figure 1 3 : Handover vertical et handover horizontal.....	14
Figure 1 4: Soft handover et hard handover.	15

Chapitre II : Algorithmes de Décision de handover vertical

Figure 2 1 : L'organigramme de SINR	21
Figure 2 2 : Architecture de réseau LTE	23
Figure 2 3 : Architecture de réseau WiMAX	25

Chapitre III : Simulations et interprétation

Figure 3 1 :Organigramme de l'algorithme de VHD utilisé.	29
Figure 3 2: La force du signal reçu pour les réseaux LTE et WiMax	35
Figure 3 3 : Le SNR pour les réseaux LTE et WiMAX.....	36
Figure 3 4 : Le débit de données pour les réseaux LTE et WiMAX.....	37
Figure 3 5: Le débit pour les réseaux LTE et WiMAX.....	38
Figure 3 6 : L'état de la MS dans les réseaux LTE et WiMAX (RSS uniquement).....	39
Figure 3 7: L'état de la MS dans les réseaux LTE et WiMAX (l'algorithme utilisé)	40
Figure 3 8 : Les différences dans les handover	41
Figure 3 9: Les différences de débit de données	42

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Évolution et caractéristique de la téléphonie cellulaire

Tableau 1.2 : Évolution des différentes versions Wi-Fi

Tableau 1.3 : WiMAX fixe et mobile

Tableau 3.1 : Paramètres de simulation

LISTE DES ABREVIATIONS

A

ABC	Always Best Connected
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AN	Access Network

B

BDMA	Beam-division multiple-access
BS	Base Station
BTS	Base Transceiver Station
BW	Bandwidth

C

CDMA	Code Division Multiple Access
-------------	-------------------------------

D

Db	Decibel
DFT	Discrete Fourier transform

E

EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
eNB	evolved Node B

F

FDMA	Frequency Division Multiple Access
-------------	------------------------------------

G

Gbps	Giga bit par seconde
Ghz	Giga hertz
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication

H

HSPA	High Speed Packet Access
-------------	--------------------------

I

IEEE	Institute of Electrical and Electronics engineers
IMT-2000	International Mobile Telecommunication for the year 2000

K

kbps	kilo bit per second
-------------	---------------------

L

LTE	Long Term Evolution
------------	---------------------

M

MAHO	Mobile Assisted Handover
MATLAB	MatrixLaboratory
Mbps	Mbps Mega bit per second
MCHO	Mobile controled handover decision
MI	Mutual Information
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MS	Station mobile
MT	Mobile Terminal

N

NAHO	Network Assisted Handover
NCHO	Network Controled Handover Decision
NMT	Nordic Mobile Telephone

O

OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal frequency-division multiple access
ONU	Organisation des Nations Unies

P

PDA	Personal Digital Assistant
------------	----------------------------

Q

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
R	
RSS	Received Signal Strength
S	
SC-FDMA	Single-carrier frequency division multiple access
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio
SMS	Short Message Service
SNR	Signal-to-noise ratio
T	
TACS	Total Access Communication System
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Acces
U	
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
V	
VHD	Vertical Handover
W	
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
1G	Première génération
2G	Deuxième génération
3D	Trois dimension
3G	Troisième génération
4G	Quatrième génération
5G	Cinquième génération

Introduction Générale

Les réseaux mobiles ont connu une évolution à travers plusieurs générations, répondant d'une part aux besoins de public et d'autre part aux exigences des opérateurs dans le souci d'assurer la continuité des services avec une meilleure qualité, ce voyage d'évolution a commencé en 1979 à partir de la première génération (1G) et se poursuit toujours vers la cinquième génération (5G) [1].

Par ailleurs, l'industrie des terminaux mobiles est en expansion. Ce secteur a connu une croissance considérable ces dernières années. Des dispositifs miniaturisés ont vu le jour tel que les assistants numériques personnels, les micro-ordinateurs, les tablettes et les produits embarqués. En effet, ces terminaux mobiles se caractérisent par leurs capacités matérielles complexes intégrant de multiples interfaces permettant un accès simultané aux différentes technologies d'accès radio. Cette caractéristique offre l'opportunité de profiter collectivement des différentes technologies présentes [2].

Il n'existe pas un réseau cellulaire capable de satisfaire tous les participants : utilisateur et opérateur. De ce fait, l'environnement qui entoure un utilisateur mobile sera formé par un ensemble de réseaux mobiles et sans fil de types différents (Wi-Fi, WiMAX, GSM, UMTS, LTE, etc.) qui coexistent les uns avec les autres. Ce nouvel environnement est considéré comme étant un environnement hétérogène. Dans un tel environnement, un nœud mobile doit rester toujours bien servi et ceci n'importe quand et de n'importe quel endroit imposant ainsi une nouvelle exigence appelée Always Best Connected (ABC). Pour assurer une meilleure qualité de service et satisfaire les besoins de l'utilisateur, un nœud mobile aura besoin de migrer entre ces différents accès radio [3].

Dans notre projet, nous allons nous focaliser sur le problème de la sélection de la meilleure interface radio à travers différentes technologies d'accès radio. Le processus de décision de handover prend en compte différents paramètres dans le cadre de la gestion de la mobilité et qui peuvent affecter le choix du meilleur réseau d'accès radio. Pour cela, nous avons structuré notre manuscrit comme suit :

Dans le premier chapitre, nous allons présenter des généralités sur les générations des réseaux mobiles depuis la 1G jusqu'à la 5G, nous allons décrire les améliorations de chaque

génération mobile, Ensuite, nous introduisons les principes abordés lors d'un handover vertical dans les milieux hétérogènes.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de processus de handover vertical, nous allons détailler les différents algorithmes de décision du handover vertical, ainsi nous allons proposer un algorithme de décision que nous allons appliquer par la suite sur les deux normes de la quatrième génération (4G) importantes qui sont WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) et LTE (Long Term Evolution).

Dans le troisième qui est le dernier chapitre, nous allons étudier le handover entre le réseau LTE et le réseau WiMAX en appliquant les règles de l'algorithme proposé et une simulation sur MATLAB qui illustre les différents évènements de handover. Ainsi que les résultats de la simulation et de la discussion.

Une conclusion est présentée pour souligner les résultats obtenus dans le cadre de notre travail ainsi que les perspectives ouvertes pour améliorer notre travail.

1.1 Introduction

Ce premier chapitre vise à montrer l'évolution de la technologie sous deux volets : le premier volet concerne les réseaux cellulaires et leur évolution depuis la première génération jusqu'à nos jours. Ainsi nous décrivons la formation d'un environnement hétérogène comme résultat de l'évolution technologique pour montrer les défis qui apparaissent dans ce contexte. Le deuxième volet est celui de gestion de handover pour un utilisateur mobile dans un tel environnement lorsque celui-ci change son point d'attachement d'un réseau à un autre.

1.2 Générations des réseaux mobiles

La communication sans fil fournit une communication fiable de haute qualité et chaque nouvelle génération de services représente une grande évolution en terme de fiabilité et de qualité. Cette évolution a commencé en 1979 à partir de la 1G jusqu'à la 5G. Pour utiliser officiellement la terminologie G chacune des ces générations a des normes qui doivent être respectées qui sont fixés par des institutions chargées de standardiser chaque génération et d'élaborer des exigences qui spécifient des éléments comme le débit, le retard, etc. Toutes les génération sont issus de la recherche et du développement qui se sont produits depuis la dernière génération [1].

Fonctionnalités	1G	2G	3G	4G	5G
Début/développement	1970/1980	1980/1999	1990/2002	2000/2010	2010/2015
Technologie	AMPS, NMT, Tacs	GSM	WCDMA	LTE, WiMax	MIMO
Fréquence	30 KHz	1.8GHz	1.6-2GHz	2-8GHz	3-30GHz
Bande passante	2Khz	14.4-64khz	2Mhz	200-1Ghz	1Ghz et plus
Technique d'accès	FDMA	TDMA	CDMA	OFDM	SCMA

Tableau 1.1 : Évolution et caractéristique de la téléphonie cellulaire.

1.2.1 Première génération (1G)

C'est la toute première génération de réseau cellulaire commercial introduite à la fin des années 70. La 1G est une technologie analogique et les téléphones avaient généralement une autonomie de batterie médiocre et la qualité de la voix était grande sans beaucoup de sécurité, et les appels étaient parfois interrompus. Ce sont les normes de télécommunications analogiques qui ont été introduites dans les années 80 et qui se sont poursuivies jusqu'à ce qu'elles soient remplacées par les télécommunications numériques 2G. La vitesse maximale de 1G est de 2,4 Kbps [1].

1.2.2 Deuxième génération (2G)

Les réseaux de télécommunications cellulaires 2G ont été lancés commercialement sur la norme GSM en Finlande par Radiolinja (qui fait maintenant partie d'Elisa Oyj) en 1991.

En cette génération, les téléphones portables ont reçu leur première mise à niveau majeure lorsqu'ils sont passés de 1G à 2G. La principale différence entre la 1G et la 2G, est que les signaux radio utilisés par le réseau 1G sont analogiques, tandis que les réseaux 2G sont numériques. L'objectif de cette génération est de fournir un canal de communication sécurisé et fiable. En outre elle a mis en œuvre le concept de CDMA et GSM et a introduit de nombreux services fondamentaux que nous utilisons encore aujourd'hui, tels que les SMS, l'itinérance interne, les conférences téléphoniques, la mise en attente et la facturation basée sur les services. Les capacités de 2G sont obtenues en autorisant plusieurs utilisateurs sur un seul canal via le multiplexage et les données téléphoniques sont également utilisées avec la voix.

Les normes qui ont marqué la 2G sont GSM, GPRS et EDGE :

1.2.2.1 GSM (Global System for Mobile communications)

La norme système global pour la communication mobile utilise une combinaison d'accès multiples par division temporelle (TDMA, Time-Division Multiple Access) et de saut à fréquence lente avec une modulation de fréquence pour la modulation vocale, permettant le transfert de données en plus de la communication vocale avec un débit de 9.6 Kbit/s. Elle a joué un rôle essentiel dans l'évolution de la technologie mobile au moment où elle était utilisée. La connectivité et la popularité des téléphones mobiles ont explosé [4,5].

1.2.2.2 GPRS (General Packet Radio Service)

Le General Packet Radio Service est souvent appelé technologie 2.5G car il s'agit de la première étape d'un opérateur GSM vers la troisième génération (3G) et une première étape dans les services de données sans fil. Le GPRS est une norme pour les communications sans fil qui fonctionne à des vitesses allant jusqu'à 115 Kbps, par rapport aux 9,6 Kbps des systèmes GSM actuels.

Le GPRS, qui prend en charge un large éventail de bandes passantes, est une utilisation efficace de la bande passante limitée et particulièrement adapté à l'envoi et à la réception de petites rafales de données, telles que la messagerie électronique et la navigation Web, ainsi que de gros volumes de données. Elle permet aux clients de maintenir une session de données tout en répondant à un appel téléphonique, ce qui est une fonction unique et exclusive au GSM. GPRS fournit également une connexion de données permanente, de sorte que les utilisateurs n'ont pas à se connecter à chaque fois qu'ils souhaitent accéder aux données. Comme le GSM, le GPRS prend en charge l'itinérance internationale afin que les clients puissent accéder aux services de données où qu'ils soient. Lorsque les utilisateurs se rendent dans des zones qui n'ont pas encore été mises à niveau vers GPRS, ils peuvent toujours accéder à de nombreux services de données via GSM à commutation de circuits.

1.2.2.3 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

Les débits de données améliorés pour GSM Evolution introduits en 2003 étaient quelque peu connus pour être 2.75G en raison de leurs avancées significatives sur GPRS et GSM. Ils offrent des vitesses élevées de 135 kbit/s et continuent d'être utilisés jusqu'à aujourd'hui sur de nombreux réseaux mobiles, car il répond aux besoins de base des opérateurs et des utilisateurs.

1.2.3 Troisième génération (3G)

Lancé commercialement en 2001, Cette génération a établi les normes de la plupart des technologies sans fil que nous connaissons tel que La navigation sur le Web, les e-mails, le téléchargement de vidéos, le partage d'images et d'autres technologies de smartphone.

Les objectifs de la 3G est de faciliter une plus grande capacité de voix et de données, et prendre en charge une plus large gamme d'applications ainsi qu'augmenter la transmission de données contre un faible coût.

La norme 3G utilise comme architecture de réseau de base une nouvelle technologie appelée UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Ce réseau combine des aspects du réseau 2G avec de nouvelles technologies et protocoles pour fournir un débit de données beaucoup plus rapide.

La 3G est marqué par les normes suivantes : UMTS, WCDMA, TD-SCDMA, HSPA + et CDMA2000, elle prend en charge les services multimédias ainsi que le streaming tel que l'accès universel et la portabilité sur différents types d'appareils sont possibles (téléphones, PDA, etc.). Cette dernière a augmenté l'efficacité du spectre de fréquences en améliorant la façon dont l'audio est compressé pendant un appel, de sorte que davantage d'appels simultanés peuvent se produire dans la même plage de fréquences.

La norme IMT-2000 de l'Union internationale des télécommunications de l'ONU exige des vitesses stationnaires de 2 Mbps et des vitesses mobiles de 384 kbps pour une "vraie" 3G. La vitesse maximale théorique pour HSPA + est de 21,6 Mbps. Par la suite la 3G a évolué en 3,5G et 3,75G, car de nouvelles fonctionnalités ont été introduites afin de générer la 4G.

Un téléphone 3G ne peut pas communiquer via un réseau 4G, mais les nouvelles générations de téléphones sont pratiquement toujours conçues pour être rétrocompatibles, de sorte qu'un téléphone 4G peut communiquer via un réseau 3G ou même 2G.

1.2.3.1 Système universel de télécommunications mobiles (UMTS)

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), est une norme de réseau 3G utilisée comme une mise à niveau des réseaux mobiles GSM existants. Outre la voix et les données, l'UMTS a fourni l'audio et la vidéo aux appareils sans fil via des systèmes fixes, sans fil et par satellite.

L'UMTS-2100 est la bande UMTS la plus déployée. L'architecture du réseau UMTS comprend un réseau d'accès radio appelé UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) et un réseau central basé sur celui spécifié pour le GSM. L'UTRAN peut mettre en œuvre une ou deux technologies d'accès radio relais en mode d'accès WCDMA :

UTRAN / FDD et UTRAN / TDD. Les spécifications techniques du réseau UMTS sont développées par 3GPP [5,6].

1.2.3.2 Accès multiple par répartition de code à large bande (WCDMA)

WCDMA est une technologie 3G qui augmente les taux de transmission de données dans les systèmes GSM en utilisant l'interface aérienne CDMA au lieu de TDMA. WCDMA est basé sur CDMA et c'est la technologie utilisée dans UMTS. La WCDMA a été adoptée comme norme par l'UIT sous le nom de "propagation directe IMT-2000". WCDMA utilise un canal 5MHz pour la voix et les données, offrant initialement des vitesses de données allant jusqu'à 384 Kbps. Il existe plusieurs mises à niveau plus récentes de WCDMA qui offrent des vitesses de données beaucoup plus rapides, telles que HSDPA et HSPA+ ce qui améliore WCDMA. Par conséquent, tout téléphone avec HSDPA ou HSPA + comprend également WCDMA par définition.

WCDMA utilise un réseau central dérivé de celui de GSM, garantissant la compatibilité descendante des services et permettant un transfert transparent entre la technologie d'accès GSM et WCDMA [6,7].

1.2.3.3 Accès multiple par division de code 2000 (CDMA2000)

Code Division Multiple Access 2000 (CDMA2000) est la solution de troisième génération basée sur CDMA IS-95 qui prend en charge les services 3G définis par les normes de l'UIT. CDMA2000 et IMT2000 définissent à la fois une interface radio et un réseau central. CDMA2000 fonctionne dans le spectre 800 MHz et 1800-2000 MHz. CDMA2000 fournit des services voix et données haut débit de haute qualité sur des réseaux sans fil [7,8].

1.2.4 Quatrième génération (4G)

La 4G est une technologie très différente de la 3G issue des normes WiMAX et LTE, son objectif est de fournir aux utilisateurs une vitesse, une qualité et une capacité très élevée tout en améliorant la sécurité et en réduisant le coût des services. Les applications potentielles et actuelles comprennent l'accès Web mobile modifié, la téléphonie IP, les services de jeux, la télévision mobile haute définition, la vidéoconférence, la télévision 3D et le cloud computing. Cela grâce aux technologies MIMO (Multiple Input Multiple Output) et l'OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [1].

1.2.4.1 LTE (Long Term Evolution)

LTE (Long Term Evolution) est une norme de communication mobile proposée par l'organisme 3GPP appréhendée comme de la 4G similaire à GSM, GPRS, EDGE. Elle propose des débits élevés pour le trafic temps-réel, avec une large portée. La spécification de la 4G par rapport aux réseaux cellulaires précédents est le passage à une structure IP (Internet Protocol) pour le transport de communications vocales et des SMS sous forme de paquets. Théoriquement, le LTE peut atteindre un débit de 50 Mb/s en lien montant et 100 Mb/s en lien descendant. Pour offrir des débits élevés, le LTE emploie la technologie OFDMA dans le sens descendant, et le SC-FDMA dans le sens montant. Le LTE respecte les délais requis par le trafic temps-réel. Cette technologie prend en charge la mobilité des utilisateurs en exécutant le Handover à une vitesse allant jusqu'à 350 km/h [9,10].

1.2.4.2 La méthode d'accès OFDMA

L'OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), est un mode d'accès multiples basé sur l'OFDM qui permet de diviser une large bande de fréquences en nombreuses petites fréquences et de transporter des données sur chacune de ces petites fréquences (sous-porteuses). Il s'agit d'une sorte de multiplexage car toutes les données sur chacune de ces sous-porteuses sont transmises simultanément. Pour une solution optimale, les sous-porteuses sont toutes indépendantes ce qui permet de lutter contre l'interférence entre symboles [9,10].

1.2.4.3 La méthode d'accès SC-FDMA

Le SC-FDMA est une variante de l'OFDM utilisée en complément dans la voie montante du LTE, une «DFT» (Transformation de Fourier discrète du signal) supplémentaire pour précoder l'OFDMA conventionnel, afin de minimiser la consommation de l'énergie dans le mobile, cette technique permet de transmettre un seul symbole à la fois, réellement chaque sous porteuse porte un sous-symbole mais visuellement c'est comme s'il n'y a qu'une seule porteuse qui est utilisée [9,10].

1.2.4.4 Techniques de modulations adaptatives au réseau LTE

Le type de modulation utilisé dans le LTE dépend de l'environnement radio. La modulation varie en fonction de la distance entre l'eNodeB et le mobile. Chaque sous-porteuse est modulée à l'aide de différents niveaux de modulation : QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) (4QAM), 16-QAM et 64-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) [10].

1.2.4.5 Système MIMO

Les techniques MIMO sont utilisées en LTE dans le but d'augmenter le débit et la portée des réseaux sans fil, ceci est réalisé par la mise en place de plusieurs antennes à l'émission ainsi qu'à la réception. Une telle structure permet au système utilisé d'atteindre des débits importants et cela sans changer la largeur de la bande allouée au signal ni sa puissance d'émission [10].

1.2.5 Cinquième génération (5G)

La 5G est la cinquième génération des standards pour la téléphonie mobile, elle succède à la quatrième génération, appelée 4G, et prolonge l'exploitation technologique LTE. La technologie 5G donnera accès à des débits dépassant largement ceux de la 4G, avec des temps de latence très courts et une haute fiabilité, tout en augmentant le nombre de connexions simultanées par surface couverte. Elle vise à supporter jusqu'à un million de mobiles au kilomètre carré (dix fois plus que la 4G). Une fois déployée, elle doit permettre des débits de télécommunications mobiles de plusieurs gigabits de données par seconde, soit jusqu'à 1 000 fois plus que les réseaux mobiles employés en 2010 et jusqu'à 100 fois plus rapides que la 4G initiale.

Pour certains, c'est une « technologie clé » car ses débits potentiels répondent à la demande croissante de données suscitée par l'essor des smartphones et des objets communicants, connectés en réseau. Elle devrait favoriser le cloud computing, l'intégration, l'interopérabilité d'objets communicants et de réseaux électriques intelligents, dans un environnement domotisé, contribuant à l'essor du concept de « ville intelligente ». Elle pourrait aussi développer la synthèse d'images 3D ou holographique, l'exploration de données, la gestion du big data et du tout-internet « Internet of Everything », expression évoquant un monde où les ordinateurs et périphériques communiqueront tous entre eux. Les jeux interactifs et multi-joueurs complexes, la traduction automatique et assistée instantanée ou encore le contrôle commande à distance dans de multiples domaines : télémédecine, véhicule autonome devraient aussi en profiter, automatisation industrielle.

À l'inverse, des mouvements de contestation se développent de la part des associations d'électrosensibles et de scientifiques qui s'opposent à cette technologie au nom de la lutte

contre le réchauffement climatique et de ses effets possibles sur la santé et la biodiversité et de l'absence de démocratie quant à son déploiement et ses objectifs [1].

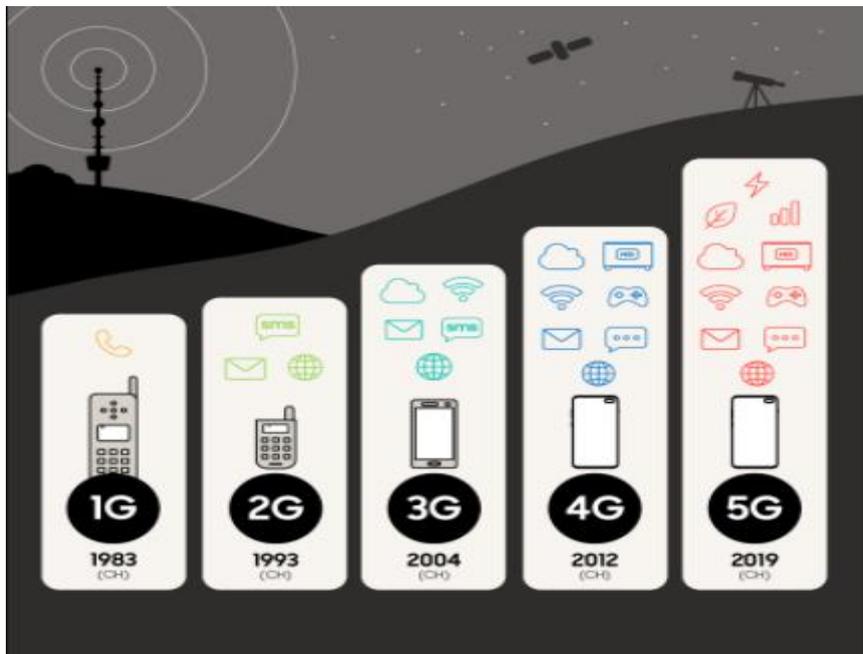


Figure 1.1 : Evolution des générations mobiles.

1.3 Les Standards IEEE

1.3.1 LE STANDARD IEEE 802.11 : WI-FI

C'est un des standards qui permet de déployer un réseau sans fil en faisant communiquer plusieurs appareils (ordinateur, PDA, cellulaire, etc.) ensemble, à travers l'onde radioélectrique et à une liaison haut débit sur un rayon de couverture pratiquement égal à quelques dizaines de mètres [3].

La norme IEEE 802.11 offre un débit entre 1 et 2 Mbp/s. Pour des raisons d'amélioration de la performance (portée, débit, etc.), cette norme a subi plusieurs évolutions à travers l'apparition de différentes versions.

Le tableau suivant donne les caractéristiques de chaque version [3].

Standard	Nom	Description
802.11a	Wi-Fi	Cette norme offre un débit théorique de 54 Mbps (30 Mbps réels). La norme 802.11a spécifie 8 canaux radio dans la bande de fréquence des 5 GHz.
802.11b	Wi-Fi	802.11b est la norme Wi-Fi la plus répandue actuellement. Son débit théorique est de 11 Mbps (6 Mbps réels) avec une portée pouvant aller jusqu'à 300 mètres et spécifie 3 canaux radio dans la bande de fréquence des 2.4 GHz.
802.11d	Internationalisation	La norme 802.11d introduit les réglementations de chaque pays
802.11e	Qualité du service	La norme 802.11e améliore la qualité de service en fonction de la bande passante et du délai de transmission ce qui permet une meilleure transmission de la voix et de la vidéo.
802.11f	Itinérance	La norme 802.11f permet une meilleure interopérabilité des produits, quelles que soient les marques des points d'accès présentes dans l'infrastructure réseau. Elle accélère les transitions entre points d'accès en redéfinissant le protocole de négociation de clés de sécurité
802.11g	Modulation OFDM	La norme 802.11g offre un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels) sur la bande de fréquence 2.4 GHz.
802.11h	Gestion du spectre	La norme 802.11h est conforme avec la réglementation européenne en ce qui concerne la bande de fréquence.
802.11i	Authentification et chiffrement	La norme 802.11i s'appuie sur l'Advanced Encryption Standard (AES) pour améliorer la sécurité.

Tableau 1.2 : Évolution des différentes versions Wi-Fi.

1.3.2 LE STANDARD IEEE 802.16 : WIMAX FIXE ET MOBILE

Le Wi-Fi offre des services limités en portée, en sécurité et en mobilité et sur une étendue locale, d'où la nécessité de l'évolution des systèmes de communications sans fil. Le Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) est apparu pour répondre aux limitations du Wi-Fi. Il offre un service couvrant une envergure de 50 Km théoriques et un débit qui peut atteindre théoriquement 70 Mbit/s [11]. Il faut noter que le standard WiMAX introduit la mobilité et gère le Handover aussi bien qu'il introduit un nouveau mécanisme pour la gestion de la qualité de service. Par ailleurs, Wi-Fi opère dans des zones de fréquence non règlementées, alors que le WiMAX, quant à lui, utilise une bande de fréquence allant de 2 à 66 GHz, ce qui lui permet d'interagir avec plusieurs produits sur le marché, entre autres, avec le Wi-Fi [3].

Standard	Nom	Bande de fréquence	Débit	Portée
IEEE 802.16d	WiMAX fixe	2-11 GHz	75 Mbits/s	10 km
IEEE 802.16e	WiMAX Mobile	2-6 GHz	30 Mbits/s	3,5 km

Tableau 1.3 : WiMAX fixe et mobile.

1.4 Environnement des réseaux hétérogènes

Les réseaux sans fil ont pris une grande ampleur dans différents domaines de façon qu'on ne puisse presque plus imaginer un monde sans moyen de communication sans fil. Avec une communication sans fil, le transfert des données à travers différents types de réseaux (réseau de données ou bien le réseau téléphonique) se fait par l'intermédiaire de l'onde radio. Ce progrès phénoménal exige, d'un côté, une compatibilité entre les différentes technologies existantes et, d'un autre côté, il donne une richesse et permet la continuité de l'évolution de la technologie. Ainsi, l'apparition d'une nouvelle génération de réseau cellulaire n'élimine pas nécessairement la précédente. Il n'existe pas un réseau cellulaire capable de satisfaire tous les participants : utilisateur et opérateur. De ce fait, l'environnement qui entoure un utilisateur mobile sera formé par un ensemble de réseaux mobiles et sans fil de types différents (Wi-Fi, WiMAX, GSM,

UMTS, LTE, etc.) qui coexistent les uns avec les autres. Ce nouvel environnement est considéré comme étant un environnement hétérogène (cf. Figure 1.2). Dans un tel environnement, un nœud mobile doit rester toujours bien servi et ceci n'importe quand et de n'importe quel endroit imposant ainsi une nouvelle exigence appelée Always Best Connected (ABC) [3].

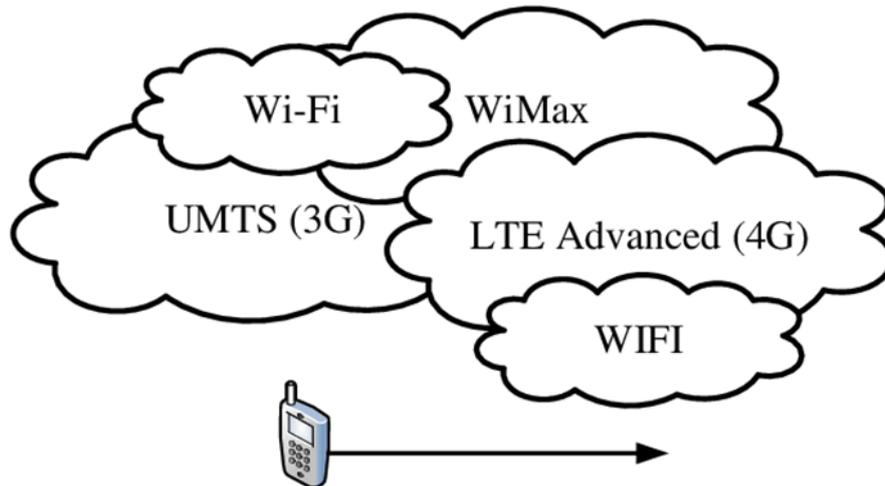


Figure 1.2 : Environnement hétérogène [3].

Pour assurer une meilleure qualité de service et satisfaire les besoins de l'utilisateur, un nœud mobile aura besoin de migrer entre ces différents accès radio.

1.5 Gestion de handover dans les réseaux :

Le handover est défini comme une capacité de gestion de la mobilité d'un terminal mobile ou d'un réseau mobile en état actif. Le handover est un élément central de la planification et du déploiement des réseaux cellulaires. Il permet aux utilisateurs de créer des sessions de données ou de connecter des appels téléphoniques en déplacement. Ce processus maintient les appels et les sessions de données connectés même si un utilisateur passe d'un site cellulaire à un autre.

Le problème important du handover est la nécessité de décider quand le transfert est nécessaire et à quelle cellule. De plus, lorsque le handover se produit, il est nécessaire de réacheminer l'appel vers la station de base concernée tout en changeant la communication entre le mobile et la station de base vers un nouveau canal. Tout cela doit être effectué sans interruption notable de l'appel.

Il existe un certain nombre de paramètres qui doivent être connus pour déterminer si un handover est nécessaire. La force du signal de la station de base qui établit la communication,

ainsi que la force du signal des stations environnantes. De plus, la disponibilité des canaux doit également être connue.

1.5.1 Classification de handover

Les handovers peuvent être classés de plusieurs façons, comme indiqué ci-dessous :

1.5.1.1 Le handover horizontal et vertical

- **Un handover horizontal** : il a lieu entre des points d'attache supportant la même technologie de réseau, par exemple entre deux stations de base voisines d'un réseau cellulaire.
- **Un handover vertical** : il se produit entre des points de connexion prenant en charge différentes technologies de réseau, par exemple, entre un point d'accès IEEE 802.11 et une station de base de réseau cellulaire [12].

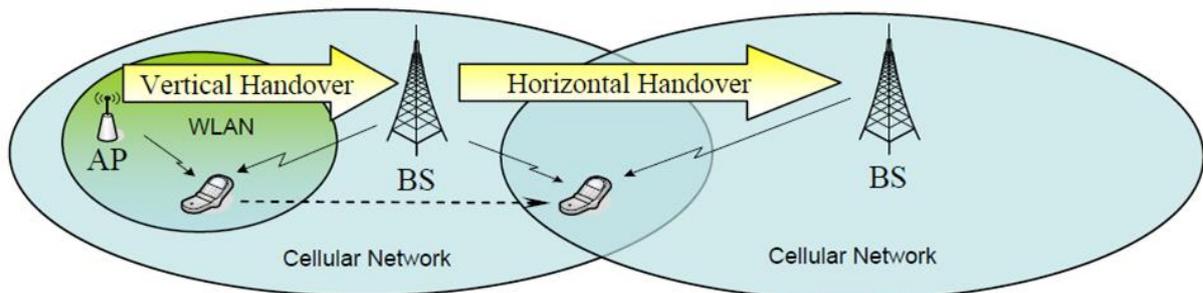


Figure 1.3 : Handover vertical et handover horizontal [12].

1.5.1.2 Hard handover et soft handover

- **Hard handover** : dans cette technique, le mobile se déconnecte d'abord de la cellule à laquelle il est connecté pour se connecter à la cellule cible.
- **Soft handover** : dans ce cas, le mobile reste connecté à l'ancienne cellule et se déconnecte jusqu'à après avoir été connecté à la cellule cible [13].

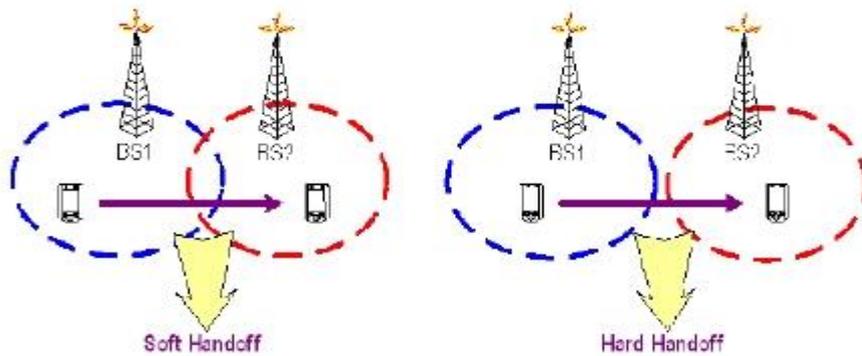


Figure 1.4: Soft handover et hard handover [14].

1.5.2 Différents types de handover

La prise de décision et l'exécution du handover peut être complètement prise en charge par l'opérateur, ou peut être complètement du côté du mobile ou bien un partage entre les deux côtés. Dans ce qui suit nous détaillons les différents modes du handover [3].

1.5.2.1 Mobile Controlled Handover Decision (MCHO)

Le nœud mobile prend la décision du handover en se basant sur des informations locales tels que : la puissance du signal (Radio Signal Strength, RSS), l'interférence sur le canal radio (Signal to Noise Interférence Ratio, SINR), les préférences de l'utilisateur, la vitesse du mobile, etc. Le contrôle du handover par le mobile peut être assisté par le réseau dans le sens où le réseau peut fournir la valeur de certains paramètres de qualité de service comme la bande passante et le taux de perte des paquets. Ces paramètres peuvent aussi être pris en compte par le nœud mobile pour décider du réseau de destination.

1.5.2.2 Network Controlled Handover Decision (NCHO)

Dans ce mode de handover, c'est le réseau qui prend la décision. Ce type de handover peut être initié par le nœud mobile (mobile initiated) ou bien assisté par le nœud mobile (mobile assisted). Selon le premier cas, (handover initié par le mobile), le nœud mobile détecte la présence d'un nouveau point d'accès et estime qu'il y a un meilleur réseau dans son entourage (Handover Initiation), le nœud mobile informe alors le réseau qui va accepter ou rejeter le Handover. Dans le cas où le mobile assiste le handover, c'est le réseau qui initie le handover (Handover Initiation), mais le nœud mobile assiste seulement ce processus (Mobile Assisted

Handover, MAHO) en lui offrant des mesures sur des paramètres qui aideront le réseau à prendre la décision.

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit comment les réseaux mobiles et les réseaux sans fil ont évolué grâce à des progrès technologiques remarquables depuis 1979. L'apparition des réseaux sans fil a permis de limiter l'utilisation excessive des câbles et offre, aux utilisateurs, un service à haut débit capable de traiter les applications multimédia. La convergence entre les réseaux de données sans fil et les réseaux cellulaires permet à un utilisateur mobile, qui cherche à améliorer la qualité de service, de migrer d'un réseau à un autre. Un tel environnement est appelé environnement hétérogène car il est formé de plusieurs réseaux de types différents. Le fait de quitter un réseau pour un autre s'appelle le processus de handover. Le processus de handover devrait se faire d'une façon transparente pour l'utilisateur.

2.1 Introduction

Les algorithmes de Décision de handover vertical (VHD) aident les terminaux mobiles à choisir le meilleur réseau auquel se connecter parmi tous les candidats disponibles. Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur les efforts de recherche et les développements sur l'amélioration de l'efficacité du processus VHD. Contrairement aux algorithmes de décision de transfert horizontal qui considèrent principalement RSS (Puissance du signal reçu) comme le seul critère de décision, les algorithmes VHD doivent prendre en considération d'autres critères pour maximiser la satisfaction des utilisateurs.

Dans un premier point nous présenterons les différents algorithmes de décision VHD, ensuite nous allons faire une sélection d'algorithmes et des réseaux hétérogènes que nous allons étudier dans le chapitre 3.

2.2 Processus de handover vertical

La recherche traditionnelle sur le handover horizontal implique des décisions de transfert basées sur l'évaluation manuelle du RSS mesuré au MS (Station mobile) pour soutenir les communications « Always Best Connected ». Ces handovers traditionnels sont déclenchés lorsque la valeur RSS de la BS (station de base) tombe en dessous d'un seuil spécifié. D'un autre côté, une MS dans un environnement sans fil hétérogène peut se déplacer entre différents réseaux AN (réseau d'accès) avec des fonctionnalités et des caractéristiques différentes (bande passante, débit, SNR, etc.) qui ne peuvent pas être directement comparées. Par conséquent, en cas des handovers verticaux, le RSS lui-même n'est pas suffisant pour prendre des décisions de handover efficaces et intelligentes ; d'autres mesures du système, y compris, mais sans s'y limiter, le coût, la charge et les performances du réseau, la bande passante disponible, la sécurité et les préférences des utilisateurs doivent également être prises en considération. D'un autre côté, l'inclusion de plusieurs métriques augmente la complexité des décisions de handover vertical et rend l'ensemble du processus plus difficile [15,16].

2.3 Les phases d'un handover vertical

Un transfert vertical comprend trois phases :

2.3.1 Phase I : Initiation du handover et collecte d'informations

Un processus de handover doit commencer quand un nœud mobile a le besoin de quitter son point d'attachement au réseau courant pour aller se connecter sur un autre réseau où la qualité de service sera meilleure. Généralement, la raison peut être une faible puissance du signal ou bien une valeur d'un ou de plusieurs paramètres de qualité de service qui tombent en dessous d'un certain seuil. Durant cette phase, le nœud mobile scanne, d'une façon continue, les réseaux dans son entourage en collectant les informations nécessaires de chacun. Ces informations sont indispensables pour la phase de sélection du réseau. Parmi ces informations, nous trouvons celles qui sont reliées au réseau comme le RSS, la bande passante, SNR etc. D'autres informations sont reliées plutôt au mobile, comme la puissance du signal, la durée de vie de la batterie, la vitesse du mobile [11].

2.3.2 Phase II : Sélection du réseau destination

Durant cette phase, les informations qui ont été collectées de la phase précédente vont être compilées pour arriver à prendre une décision et choisir un réseau parmi plusieurs disponibles dans l'environnement du nœud mobile [11].

2.3.3 Phase III : Exécution du handover

Dans la phase précédente, nous avons choisi le réseau auquel le nœud mobile doit se connecter. Durant cette phase, l'exécution de la coupure des liens avec l'ancien réseau et la connexion avec le nouveau réseau est réalisée. Cette exécution peut se faire selon l'un des 4 cas suivant : (1) Décision contrôlée par le réseau (NCHO) : habituellement utilisé par les opérateurs pour répartir les charges réseaux. (2) Décision contrôlée par le mobile (MCHO) (3) handover initié par le réseau et assisté par le mobile (MAHO) et, (4) handover initié par le mobile et assisté par le réseau (NAHO) [11].

2.4 Les algorithmes de décision du handover vertical

Il existe différentes façons de classer les algorithmes de décision du handover. Ici, les algorithmes de décision sont divisés en cinq groupes en fonction des critères de décision et de sélection et des méthodes utilisées pour les traiter.

2.4.1 Algorithmes basés sur la Puissance du signal reçu (RSS)

RSS (receive signal strength) est utilisé comme critère principal de décision et de sélection, diverses stratégies ont été développées pour comparer le RSS du point d'attache actuel avec celui du point d'attache candidat. Un grand nombre d'études ont été menées dans ce domaine, voici quelques algorithmes proposés dans les recherches précédentes [17,18].

- **RSS** : Le handover est déclenché dans le cas où la puissance du signal reçu de l'antenne candidate est supérieure à celle de l'antenne attachée présentement.
- **RSS avec un seuil** : Le handover est déclenché si la puissance du signal reçu de l'antenne candidate est supérieure à celle de l'antenne attaché actuellement et la puissance de cette dernière est inférieure au seuil minimum T ($RSS_{\text{nouveau}} > RSS_{\text{actuel}}$ et $RSS_{\text{actuel}} < T$).
- **RSS avec latence** : Le handover est déclenché si la puissance du signal reçu de l'antenne candidate est supérieure à celle de l'antenne attachée actuellement avec une marge prédéfinie H ($RSS_{\text{nouveau}} > RSS_{\text{actuel}} + H$).
- **Un temporisateur de déclenchement** : On peut ajouter à l'un des précédents algorithmes un temporisateur (Timer) qui joue le rôle d'une horloge qui commence quand une des conditions ci-dessus est satisfaisante, et donc le handover est déclenché si la condition est satisfaisante pour une durée prédéfinie [19].

2.4.2 Algorithmes basés sur le rapport signal sur bruit SNR

Cet algorithme de handover vertical basé sur une métrique importante qui est le rapport signal sur bruit SNR (Signal to Noise Ratio), le principe est d'effectuer des mesures de SNR des différentes bornes d'accès, par la suite un traitement est nécessaire afin de prendre la décision de handover. Le handover vertical peut être déclenché suivant [17] :

- Le rapport signal sur bruit de l'antenne candidate est supérieure à celui de l'antenne attachée présentement : ($SNR_{\text{nouveau}} > SNR_{\text{actuel}}$)
- Le rapport signal sur bruit de l'antenne candidate est supérieure à celui de l'antenne attachée actuellement et la puissance de cette dernière est inférieure au seuil minimum T
($SNR_{\text{nouveau}} > SNR_{\text{actuel}}$ et $SNR_{\text{actuel}} < T$).

- Le rapport signal sur bruit reçu de l'antenne candidate est supérieure à celui de l'antenne attachée actuellement avec une marge prédéfinie H ($SNR_{\text{nouveau}} > SNR_{\text{actuel}} + H$).
- déclenchement par un temporisateur (Timer).

L'algorithme handover basé sur SNR est avantageux par rapport à l'algorithme RSS puisque le SNR est calculé en se basant sur RSS et les caractéristiques de bruit qui fournissent ainsi une évaluation plus précise du signal efficace reçu et permet d'atteindre des bons résultats surtout par rapport au nombre de handover (éviter tout handover non nécessaire).

2.4.3 Algorithmes basés sur la bande passante

La bande passante disponible pour un terminal mobile est le principal critère de ce groupe. Dans certains algorithmes, la bande passante et les informations RSS sont utilisées dans le processus de décision. Le RSS et la bande passante sont les deux principaux critères pris en compte dans l'algorithme, dans cette enquête, la méthode est classée soit en RSS, soit en bande passante. Pour les algorithmes basés sur la bande passante, nous décrivons l'étude de Kemeng Yang qui a présenté un algorithme du handover basé sur la valeur de SINR. La décision du handover est prise dépendamment des débits atteignables dans le réseau cellulaire et le réseau WLAN. Par contre, l'asymétrie des deux réseaux n'a pas été prise en compte dans ce travail [20].

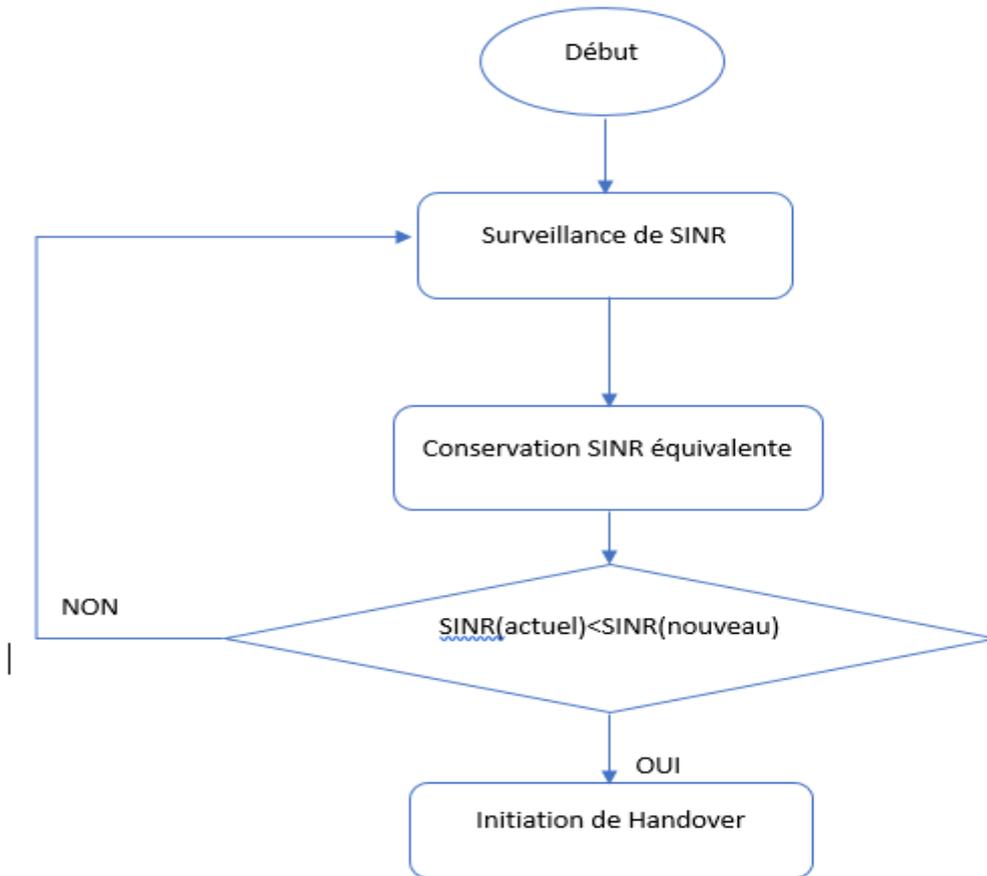


Figure 2.1 : L'organigramme de SINR [20].

2.4.4 Algorithmes basés sur la fonction de coût

Cette classe d'algorithmes combine des métriques telles que le coût monétaire, la sécurité, la bande passante et la consommation d'énergie dans une fonction de coût et la décision de sélection est prise en comparant le résultat de cette fonction pour les réseaux candidats. Des différents poids sont attribués à différentes mesures d'entrée en fonction des conditions du réseau et des préférences de l'utilisateur. Les articles de Fang Zhu et Janise McNair ont introduit la fonction de coût pour juger les réseaux cibles en fonction d'une variété de mesures valorisées par les utilisateurs et les réseaux.

Un facteur de qualité de réseau est utilisé pour évaluer les performances d'un candidat cible de transfert il est donné par l'expression suivante [17,18, 20] :

$$Q_i = \omega_c C_i + \omega_s S_i + \omega_p P_i + \omega_d D_i + \omega_f F_i \quad (2.1)$$

Tel que :

Q_i : Le facteur de qualité du réseau i

C_i, S_i, P_i, D_i et F_i : représentent le coût d'un service, la sécurité, la consommation d'énergie, l'état du réseau et les performances du réseau.

$\omega_c, \omega_s, \omega_p, \omega_d$ et ω_f : sont les poids de ces réseaux paramètres.

2.4.5 Algorithmes basés sur l'intelligence artificielle

Dans cette catégorie, la décision est prise en se basant sur des algorithmes qui utilisent l'intelligence artificielle. Ce dernier signifie qu'on utilise plusieurs paramètres comme l'état du réseau et la mobilité de la station pour gérer la décision du handover. Plusieurs techniques ont été utilisées à ce sujet comme la reconnaissance des formes, la logique floue et les réseaux de neurones [18].

Malheureusement, la plupart des algorithmes basés sur l'intelligence artificielle sont complexes et peuvent être difficiles à mettre en œuvre dans les systèmes pratiques.

2.5 Choix de l'algorithme

Dans ce travail, nous allons mettre l'accent sur le raffinement des paramètres de prise de décision tel que la puissance du signal reçu (RSS) qui est utilisé comme entrée principale dans les algorithmes VHD. En combinant le RSS avec la bande passante, Nous allons avoir un algorithme VHD basés sur la bande passante. De plus nous allons rajouter la métrique SNR comme troisième paramètre pour réaliser notre algorithme. L'utilisation de tels paramètres nous permettra d'adopter un algorithme qui permet à l'utilisateur de rester connecté au meilleur réseau, tout en réduisant les handover inutiles.

2.6 Choix des réseaux hétérogènes

Dans ce travail nous allons présenter une étude sur le mécanisme de handover dans les deux réseaux 4G (LTE et WiMAX) qui sont les deux technologies les plus fiables et performantes aujourd'hui.

2.7 Architecture de réseau LTE

La figure 2.2, représente l'architecture de réseau LTE avec la description de ses différents éléments qui gèrent le Handover dans LTE [21,22].

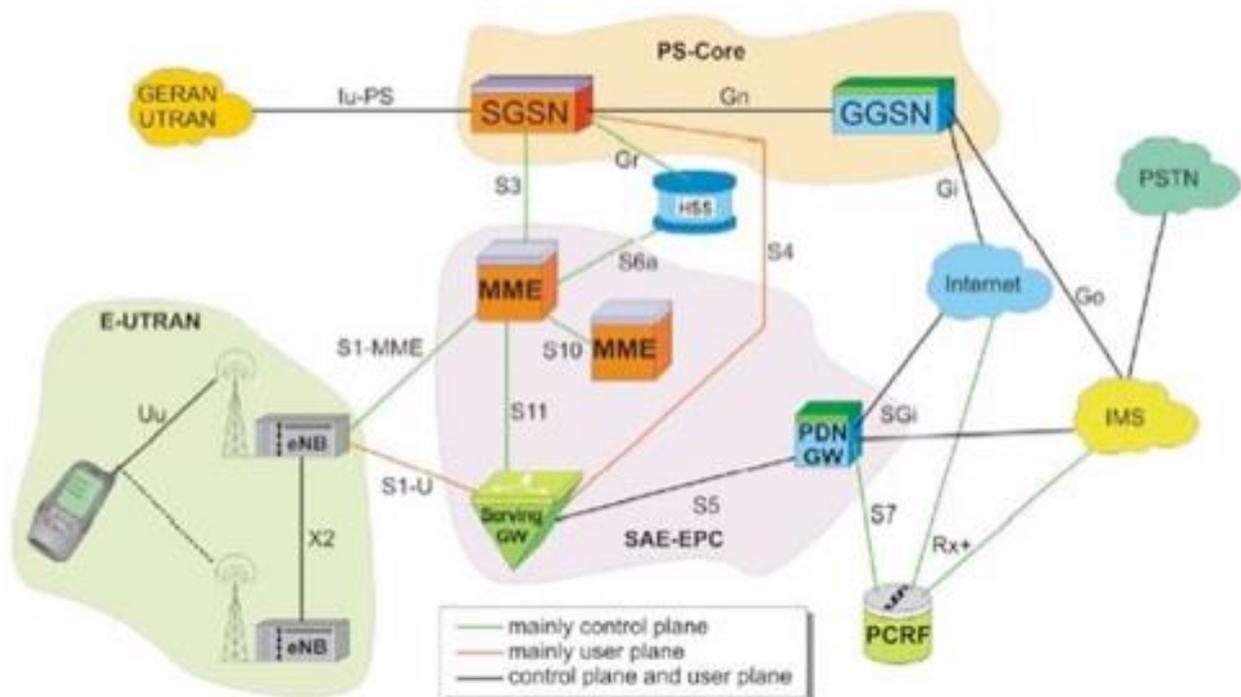


Figure 2.2 : Architecture de réseau LTE [21].

E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) : réseau de transmissions LTE

UE : équipement utilisateur

eNodeB (eNB) : Responsable de la transmission et de la réception radio avec l'UE

MME (Mobility Management Entity) : responsable de la gestion de la mobilité et l'authentification des utilisateurs.

HSS (Home Subscriber Server) : principale base de stockage des données des utilisateurs.

PS-Core : cœur du réseau de transmission de paquet

SGSN (Serving GPRS Support Node) : passerelle permettant l'acheminement des données dans les réseaux mobiles GPRS.

GGSN (Gateway GPRS Support Node) : passerelle d'interconnexion entre le réseau paquet mobile et les réseaux IP externes.

IMS (IP Multimedia Subsystem) : architecture standardisée qui permet de fournir des services multimédias fixes et mobiles.

PSTN (Public Switched Telephone Network): Réseau Téléphonique Commuté.

PDN-GW (Public Data Network Gateway) : passerelle entre réseaux mobile et public

SGW : (Serving Gateway) Responsable du routage des paquets.

2.8 Le handover dans LTE

Dans LTE la gestion de mobilité est distribuée, les eNodeB prennent la décision de handover d'une façon autonome sans intervention des autres équipements : MME et S-GW. Les informations nécessaires au handover sont échangées entre les eNodeB via une interface X2. Le MME et le S-GW recevront une notification avec un message de handover après que la nouvelle connexion soit effectuée entre l'UE et le nouveau eNodeB [21].

➤ Le handover est décliné en différentes étapes :

1 - Le handover est déclenché par l'UE, qui envoie un rapport de mesure à l'eNodeB source. Ce dernier va décider d'effectuer le handover ou non. L'eNodeB source prend sa décision en se basant sur le rapport de niveau de puissance reçu.

2 - La phase de préparation du handover commence par l'envoi d'une requête de handover (HO Request) de l'eNodeB source vers l'eNodeB cible. Ce message contient toutes les informations pertinentes sur le handover.

3 - L'eNodeB cible enregistre le contexte, répond à l'eNodeB source par un acquittement (HO Request Ack), qui fournira les informations sur l'établissement du nouveau lien radio.

4 -L'eNodeB source transfère toutes les informations nécessaires à l'UE. Ensuite, l'eNodeB source arrête d'envoyer et de recevoir des données avec l'UE. Il fait alors suivre les données à l'eNodeB cible.

5 - L'UE informe l'eNodeB cible du succès du handover avec un message de confirmation. Jusqu'à cet instant l'eNodeB cible mémorise les données reçus de l'eNodeB source. Après avoir reçu le message de confirmation, il commence à envoyer les données bufférisées à l'UE.

6 - L'eNodeB cible initie le changement de chemin de données en envoyant un « Handover Complete » aux passerelles (MME et S-GW). Les informations de localisation de l'UE seront ensuite mises à jour au niveau des passerelles, qui vont effectuer le changement de chemin pour que les données soient envoyées directement vers l'eNodeB cible.

7 - L'MME/S-GW confirment le chemin par un message 'Handover Complete Ack', et dès que l'eNodeB cible reçoit ce message, il envoie une indication 'release Source' au eNodeB source pour qu'il libère définitivement les informations de connexion avec l'UE. Cette dernière étape marque la fin du handover, quelques centaines de millisecondes ont suffi à l'utilisateur pour changer de cellule, tout en assurant la continuité du service.

2.9 Architecture de réseau WiMAX

L'architecture du WiMAX mobile est composée de terminaux mobiles (MS), qui communiquent via un lien radio avec une station de base (BS). Cette dernière joue le rôle d'un relais avec une infrastructure terrestre fondée sur le protocole IP. Les BSs sont connectées à un élément du réseau appelé ASN-GW, utilisé comme passerelle (Gateway) pour gérer le raccordement des BSs avec le réseau IP [21,22].

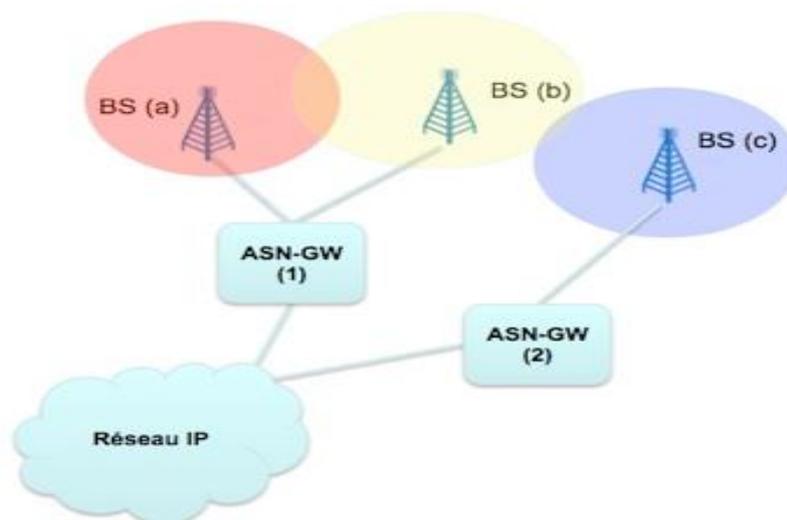


Figure 2.3 : Architecture de réseau WiMAX [21].

ASN-GW (Access Service Node Gateway): Passerelle du WiMAX pour la session réseau et le contrôle de la mobilité

BS (Base Station) : borne émettrice du réseau WiMAX.

2.10 Le handover dans WiMAX

Les différentes étapes d'un handover sont les suivantes [21] :

1 - Sélection de la cellule : une MS doit d'abord acquérir des informations sur les BS dans le réseau. Ces informations servent à déterminer si un handover est possible ou non. Cela peut se produire soit en utilisant les informations déjà connues sur le réseau, soit en exigeant une scrutation (scan).

2 - Décision et initialisation du handover : c'est la procédure de migration d'une MS à partir de l'ancienne BS vers la BS cible. La décision peut être déclenchée par la MS ou par la BS.

3 - Synchronisation en voie descendante avec la BS cible : la synchronisation est obligatoire pour établir la communication. Durant cette phase, la MS reçoit les paramètres de transmission en voie montante et descendante.

4 - Ranging : lorsque la MS est synchronisée avec la nouvelle BS, il faut commencer la procédure de Ranging qui consiste en la réception de la MS des bons paramètres de la communication (exemple : décalage temporel, puissance du signal, etc.).

5 - Résiliation de service : l'ancienne BS termine la connexion associée à la MS qui vient de migrer vers une autre BS et supprime toutes les informations de sa file d'attente.

6 - Annulation de handover : durant le processus de handover, la MS a le droit d'annuler la procédure et de reprendre la communication avec l'ancienne.

2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le processus de handover vertical et ses procédures d'exécution, nous avons couvert aussi la plupart des VHD réalisables dans les réseaux hétérogènes qui se basent sur différents métriques principales ou combinées. Ils incluent le VHD basé sur la puissance du signal reçu (RSS), nous avons vu aussi le VHD basé sur le rapport signal sur bruit (SNR) qui offre des performances assez significatives au niveau du débit et le nombre de handover, ainsi le VHD basé sur la bande passante qui prend en considération la valeur SINR ce qui lui permet d'atteindre une meilleure performance pour maximiser le débit, nous avons vu aussi le VHD basé sur le cout et le VHD basé sur l'intelligence artificielle qui sont des algorithmes complexes et difficiles à mettre en œuvre dans les systèmes pratiques.

Dans ce travail nous avons choisi un VHD basé sur les trois critères à savoir le RSS, la bande passante et le SNR, appliqué sur les réseaux de la 4G (LTE et WiMAX) vu que c'est la technologie la plus fiable et performante aujourd'hui.

3.1 Introduction

Le handover traditionnel est basé sur la force du signal reçu (RSS), ce qui n'est pas suffisant pour prendre une décision de handover vertical, car ils ne prennent pas en compte les différentes options de connexion pour l'utilisateur mobile. Le handover vertical doit donc évaluer des facteurs supplémentaires, tels que la disponibilité de la bande passante, le rapport signal / bruit, les services proposés, les conditions du réseau et les préférences des utilisateurs.

L'algorithme VHD basé sur RSS est utilisé pour le handover entre deux réseaux LTE et WiMAX, en ajoutant la bande passante et le rapport signal / bruit de l'algorithme pour augmenter le débit.

Le scénario ci-dessus est simulé sous Matlab pour montrer comment l'algorithme fonctionne mieux lors de l'ajout de paramètres supplémentaires aux paramètres de sélection principal (RSS).

3.2 Présentation de logiciel Matlab

MATLAB (matrix laboratory) est un langage de script émulé par un environnement de développement ; il est utilisé à des fins de calcul numérique. Développé par la société The MathWorks, MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes il est le logiciel le plus accessible et le plus productif conçu pour les ingénieurs et les scientifiques.

3.3 Le scénario de l'algorithme utilité

Nous considérons que la station mobile (MS) se déplace entre LTE et WiMAX. Le MS est d'abord testé, s'il est dans le réseau LTE ou WiMAX, s'il est dans les deux réseaux en même temps, il compare le RSS pour les deux réseaux (LTE et WiMAX), puis il mesure les performances du réseau pour les deux réseaux (bande passante et SNR), le réseau avec les meilleures performances et RSS plus élevé sera candidat. Si le réseau LTE est le réseau candidat, le MS y restera ou soit transféré au réseau WiMAX. Les mêmes procédures considéreront si le MS est dans le réseau WiMAX.

L'organigramme ci-dessous montre ce scénario :

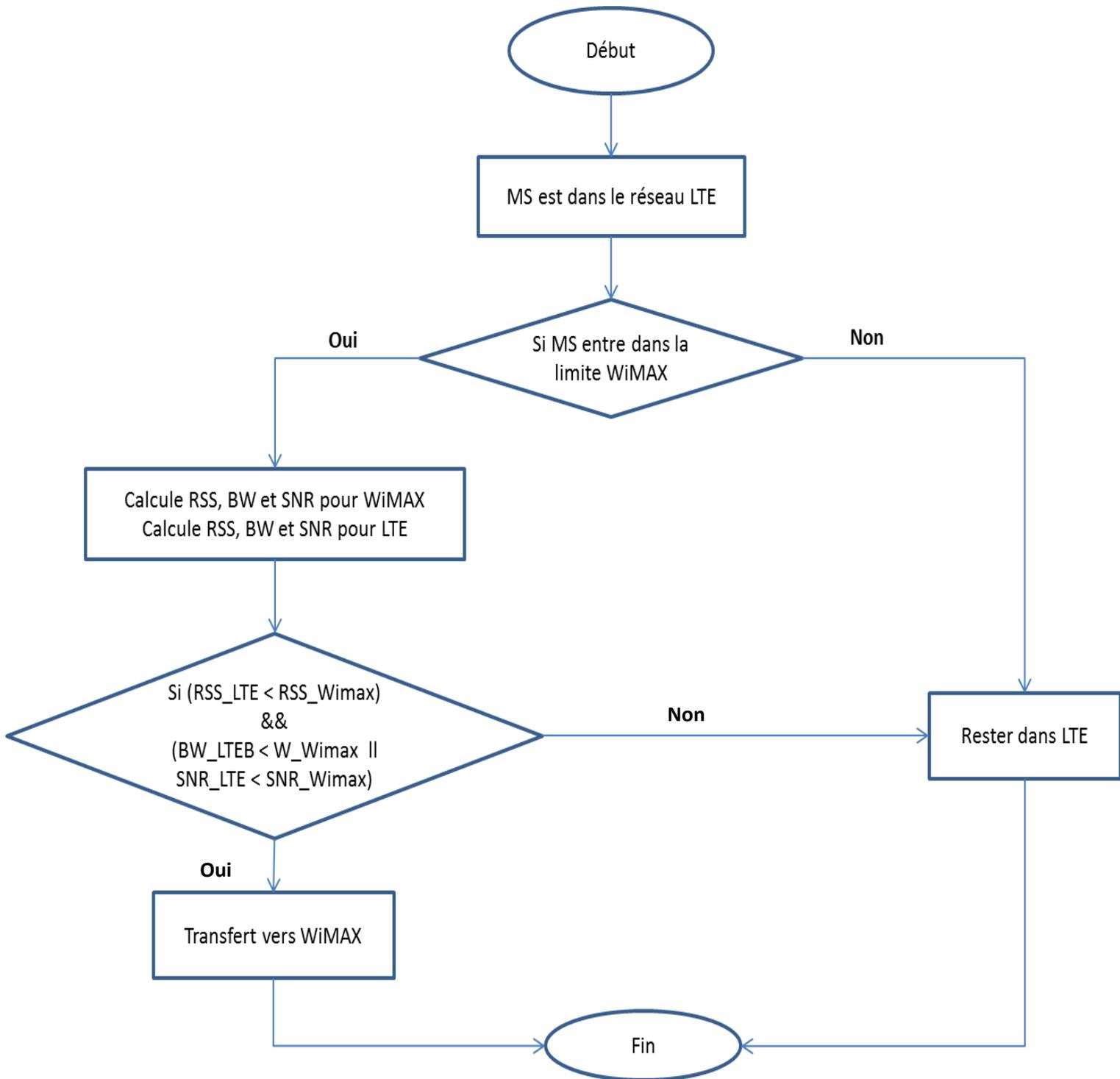


Figure 3.1 : Organigramme de l'algorithme de VHD utilisé.

3.4 Modèle mathématique

3.4.1 Modèle de perte de chemin simplifié

Au début, nous mesurons le RSS qui fluctue au fil du temps avec le mouvement de l'utilisateur, il variera en raison de la perte de chemin et de l'observation et il est nécessaire d'étudier les causes de ces fluctuations. L'affaiblissement sur le trajet décrit l'atténuation du signal entre l'émetteur et le récepteur.

L'ombrage est causé par des obstacles entre l'émetteur et le récepteur qui atténuent la puissance du signal par l'absorption, la réflexion, la diffusion et la diffraction. La variation due à la perte de trajectoire se produit sur de très grandes distances (100-1000 mètres), tandis que la variation due à l'ombrage se produit sur des distances proportionnelles à la longueur de l'objet obstruant (10-100 mètres dans les environnements extérieurs et moins dans les environnements intérieurs). Étant donné que les variations dues à la perte de trajectoire et à l'ombrage se produisent sur des distances relativement grandes, cette variation est parfois appelée effets de propagation à grande échelle [24,25].

Dans les mesures RSS, pour l'analyse générale des compromis de diverses conceptions de systèmes, il est parfois préférable d'utiliser un modèle simple qui capture l'essence de la propagation du signal sans recourir à des modèles de perte de chemin compliqués, qui ne sont de toute façon que des approximations du canal réel. Ainsi, le modèle simplifié pour l'affaiblissement sur le trajet en fonction de la distance est couramment utilisé pour la conception du système est donné par l'expression suivante :

$$P_r = P_t \cdot K[d_o/d]^\gamma \quad (3.1)$$

Dans cette approximation, K est une unité moins constante qui dépend des caractéristiques de l'antenne et de l'affaiblissement moyen du canal.

- d_o est une distance de référence pour l'antenne en champ lointain.
- γ est l'exposant de perte de chemin.

Les valeurs pour K , d_o et γ peut être obtenue pour approximer un modèle analytique ou empirique. En particulier, le modèle de perte de trajet d'espace libre.

En raison des phénomènes de diffusion dans le champ proche de l'antenne, le modèle n'est généralement valable qu'à des distances de transmission $d > d_0$, où est généralement d_0 supposé être de 1 à 10 m à l'intérieur et 10-100 m à l'extérieur [24,25].

Lorsque le modèle simplifié est utilisé pour approximer des mesures empiriques, la valeur de $K < 1$ est parfois réglée sur le gain de trajet d'espace libre à distance d_0 en supposant antennes omnidirectionnelles :

$$K = 20 \log_{10} \frac{\pi}{4\gamma d_0} \quad (3.2)$$

3.4.2 Rapport puissance signal / bruit

Nous définissons le rapport puissance signal / bruit reçu (SNR) comme le rapport de la puissance du signal reçu P_r à la puissance du bruit dans la bande passante du signal transmis $s(t)$. La puissance reçue est déterminée par la puissance transmise et la perte de trajet, l'observation et l'évanouissement par trajets multiples. La puissance de bruit est déterminée par la largeur de bande du signal transmis et les propriétés spectrales de $n(t)$ [24].

La puissance de bruit totale dans la bande passante $2B$ est :

$$N = \frac{N_0}{2} * 2B = N_0 B \quad (3.3)$$

Le SNR reçu est donné par :

$$SNR = \frac{P_r}{N_0 * B} \quad (3.4)$$

Selon le SNR calculé, le type de modulation peut être choisi. À partir du type de modulation, nous utilisons l'indice de modulation pour calculer le débit de données et le débit, comme indiqué dans les paragraphes ci-dessous [24].

3.4.3 Débit de données

Le débit de données est l'une des caractéristiques de base des systèmes de communication et c'est le débit auquel les bits sont transmis sur un canal en bps [26]. Nous pouvons dériver le débit de données en multipliant les informations mutuelles avec la bande passante du canal comme indiqué ci-dessous :

$$\text{Débit de données} = MI \times BW \quad (3.5)$$

MI a la signification du nombre de bits effectifs qui peuvent être transportés à un certain niveau SNR. Il est toujours en dessous de la limite de Shannon :

$$\mathbf{MIShannon (SNR) = \log_2(1 + 10^{\frac{snr}{10dB}})} \quad (3.6)$$

En réalité, chaque niveau de modulation est livré avec son propre niveau MI, en fonction du SNR. Dans les régions à faible SNR, l'IM est limité par la limite de Shannon. Dans les régions à rapport signal / bruit élevé, il est saturé et limité par le nombre de bits pris en charge par le schéma de modulation (m). La région intermédiaire est influencée par les deux effets et gérée par cette nouvelle formule :

$$\mathbf{MI = \frac{1}{(s * MIShannon[DNR]^{-w} + m^{-w})^{1/w}}} \quad (3.7)$$

Avec :

$$\mathbf{s=0.95-0.08 (m \bmod 2)} \quad (3.8)$$

$$\mathbf{W=W(m)=2m+1} \quad (3.9)$$

Où m est l'indice de modulation, c'est-à-dire le nombre de bits par symbole (1 = QPSK ... 8 = QAM256). Le facteur d'échelle s(m) révèle le fait remarquable que les constellations de modulation de forme carrée (m = 2, 4, 6, 8) fonctionnent légèrement mieux que les autres constellations asymétriques I/Q. La valeur MI a l'unité de [Mbit / s / Hz] [27].

3.4.4 Débit

Le débit est généralement mesuré en bits par seconde (bit/s ou bps), et parfois en paquets de données par seconde ou en paquets de données par slot. Le débit du système ou le débit agrégé est la somme des débits de données fournis à tous les terminaux d'un réseau. Le débit est essentiellement synonyme de consommation de bande passante numérique, il peut être analysé mathématiquement au moyen de la théorie de la file d'attente, où la charge en paquets par unité de temps est dénotée taux d'arrivée, et le débit en paquets par unité de temps est noté taux de départ [24,26].

$$\mathbf{Débit = somme (débit de données)} \quad (3.10)$$

3.5 Paramètres de simulation :

Le tableau ci-dessous donne une liste des principaux paramètres de simulation que nous avons utilisés lors des performances de simulation.

Ces paramètres sont largement utilisés pour simuler les réseaux cellulaires sans fil

Paramètres	Valeurs
Fréquence LTE	2.3 Ghz
Fréquence WiMAX	2.5 Ghz
Puissance d'émission LTE	33 dBm
Puissance d'émission WiMAX	26 dBm
Bande passante LTE	3.5 – 20 Mhz
Bande passante WiMAX	1.25 – 10 Mhz
Vitesse de la station mobile	40 m/s
Point LTE	0
Point WiMAX	600
Point MS	100

Tableau 3.1 : Paramètres de simulation.

3.6 Résultats de la simulation et discussion

Dans cette phase, nous avons comparés les performances du système entre les deux algorithmes, lors de l'utilisation de RSS uniquement et lors de l'ajout de la bande passante et du SNR aux critères de sélection.

Au début, le MS sera dans le réseau LTE et se déplacera vers WiMAX qui est une microcellule à l'intérieur du réseau LTE. Lorsque le MS est dans le réseau LTE, il y sera jusqu'à ce qu'il arrive à la frontière de WiMAX, tout d'abord dans l'algorithme qui dépend uniquement de RSS, le mobile compare le RSS pour les réseaux LTE et WiMAX et sélectionne le réseau avec le plus haut RSS mais dans l'algorithme où des paramètres supplémentaires ajoutés au RSS (bande passante et SNR), il donnera un débit de données et un débit plus élevé comme indiqué dans les résultats. Tous les résultats de cette phase sont démontrés dans le temps car la plupart des paramètres des canaux sans fil ont des valeurs aléatoires qui changent avec le temps, donc si une valeur est choisie, elle ne donnera plus la bonne évaluation du système qui c'est pourquoi différentes valeurs sont prises à différents moments pour mesurer les performances du système.

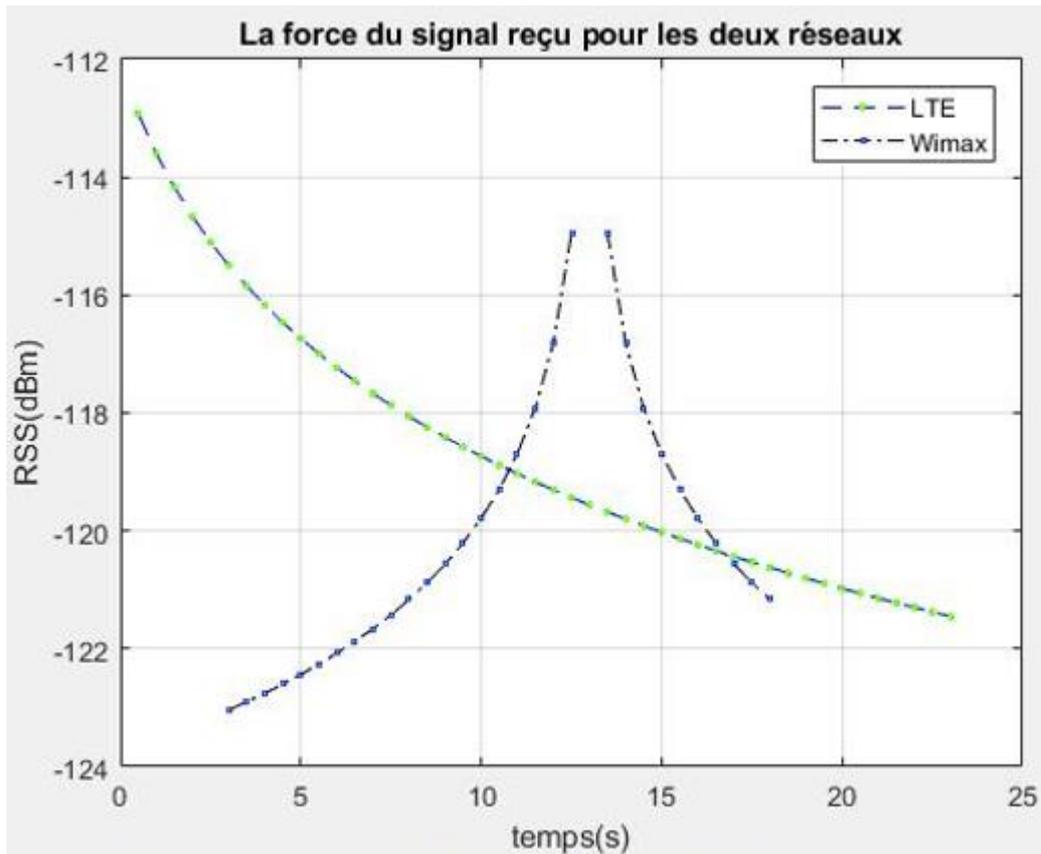


Figure 3.2 : La force du signal reçu pour les réseaux LTE et WiMAX.

La figure 3.2 illustre les différentes valeurs RSS des réseaux LTE et WiMax avec le temps. Sur la figure, le RSS LTE diminue avec le temps lorsque le MS s'éloigne de l'antenne et le RSS WiMAX diminue à la limite de la cellule et augmente lorsque le MS est plus proche de l'antenne du WiMAX. A l'instant ($t=13s$) le MS marque une perte de RSS ce qui est due aux phénomènes de diffusion dans le champ proche de l'antenne, comme cité précédemment le modèle n'est généralement valable qu'à des distances de transmission $d > d_0$, où est généralement d_0 supposé être de 1 à 10 m à l'intérieur et 10-100 m à l'extérieur.

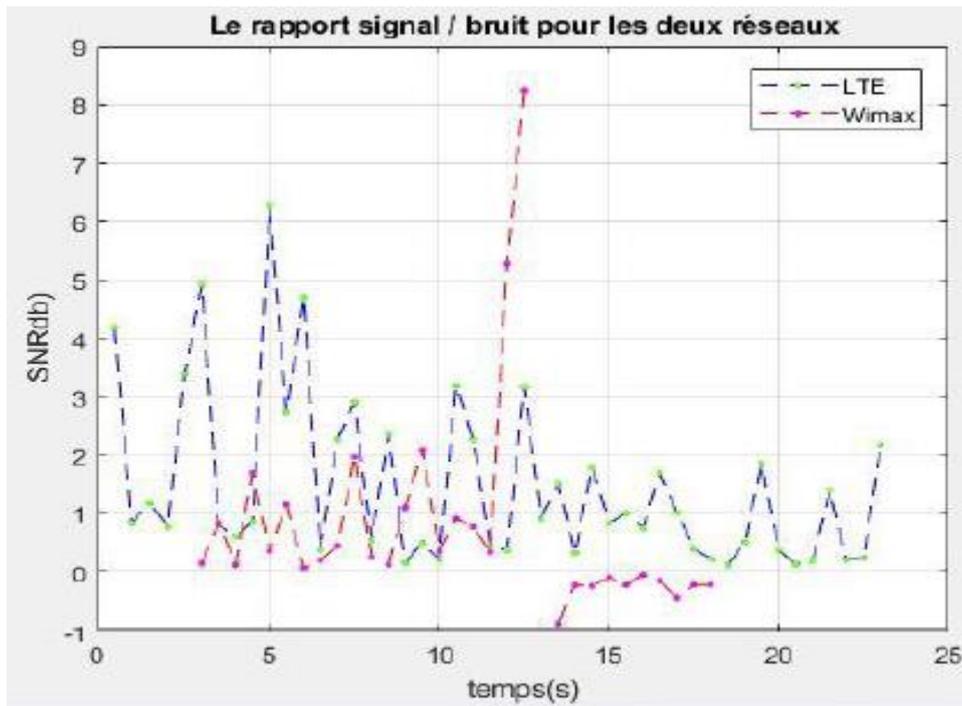


Figure 3.3 : Le SNR pour les réseaux LTE et WiMAX.

La figure 3.3 illustre le SNR pour les réseaux LTE et WiMAX qui évolue avec le temps, on remarque que le SNR de réseau LTE est plus élevé que le SNR de réseau WiMAX lorsque la MS est éloignée de ce dernier, mais en s'approchant plus de la zone de WiMAX les valeurs de SNR des deux réseaux s'approchent jusqu'à ce que la valeur SNR de WiMAX dépasse le SNR de LTE (entre 11 et 14) et se diminue après en sortant de cette zone.

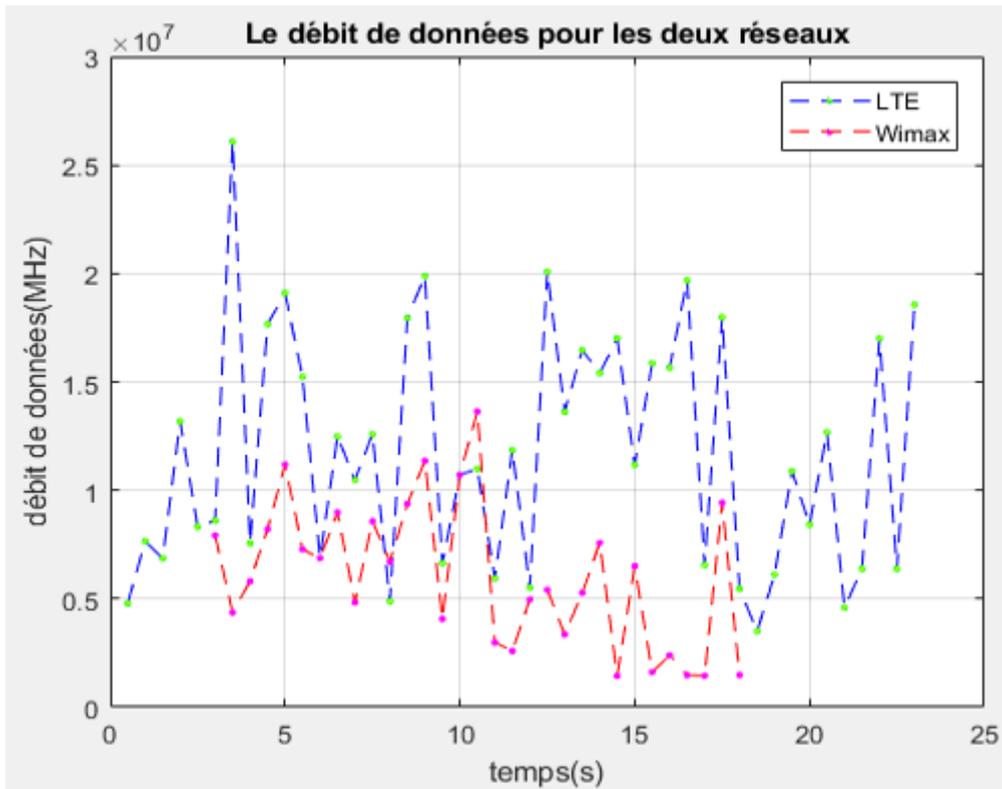


Figure 3.4: Le débit de données pour les réseaux LTE et WiMAX.

La figure 3.4 illustre le débit de données pour les réseaux LTE et WiMax qui évolue avec le temps, on remarque dans cette figure que le débit donné de réseau LTE est plus élevé que le débit de données de réseau WiMAX, et que c'est rare ou le débit de donnée de WiMAX atteint celui de LTE.

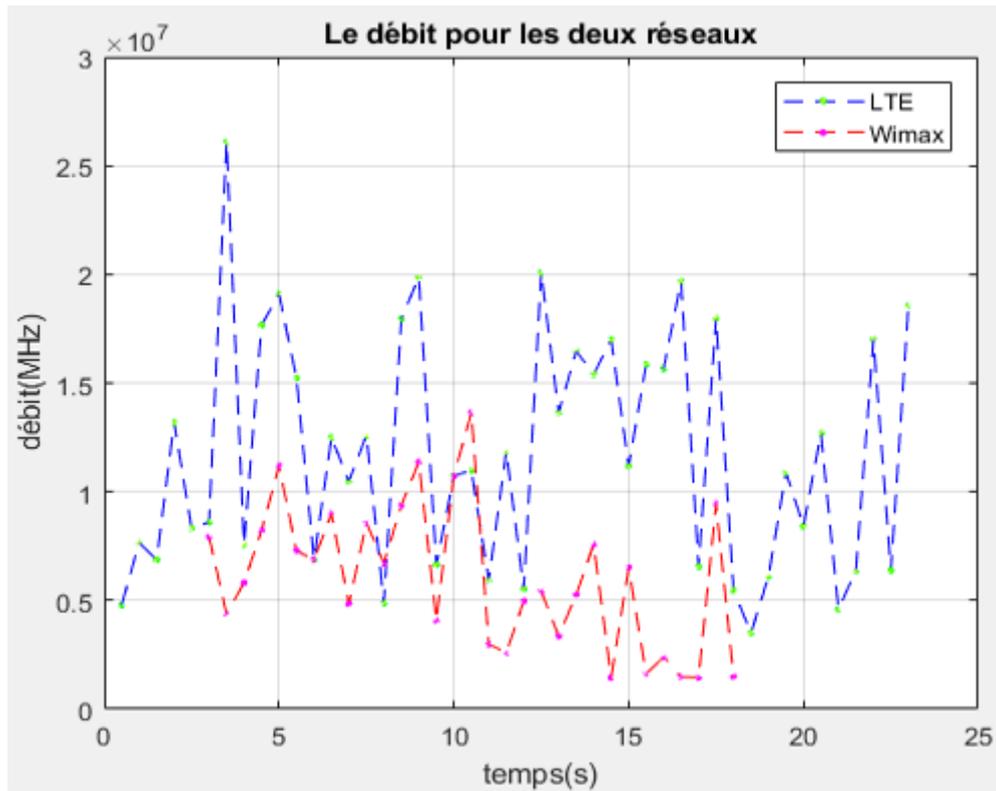


Figure 3.5: Le débit pour les réseaux LTE et WiMAX.

La figure 3.5 illustre le débit des réseaux LTE et WiMAX qui évolue en fonction du temps, on remarque pour cette figure que le débit de réseau WiMAX dépasse d'une manière significative le débit de réseau LTE mais seulement quand la MS est très proche de WiMAX. Quand le MS est assez loin de WiMAX, c'est le débit de réseau LTE qui dépasse largement de débit de celui de réseau WiMAX.

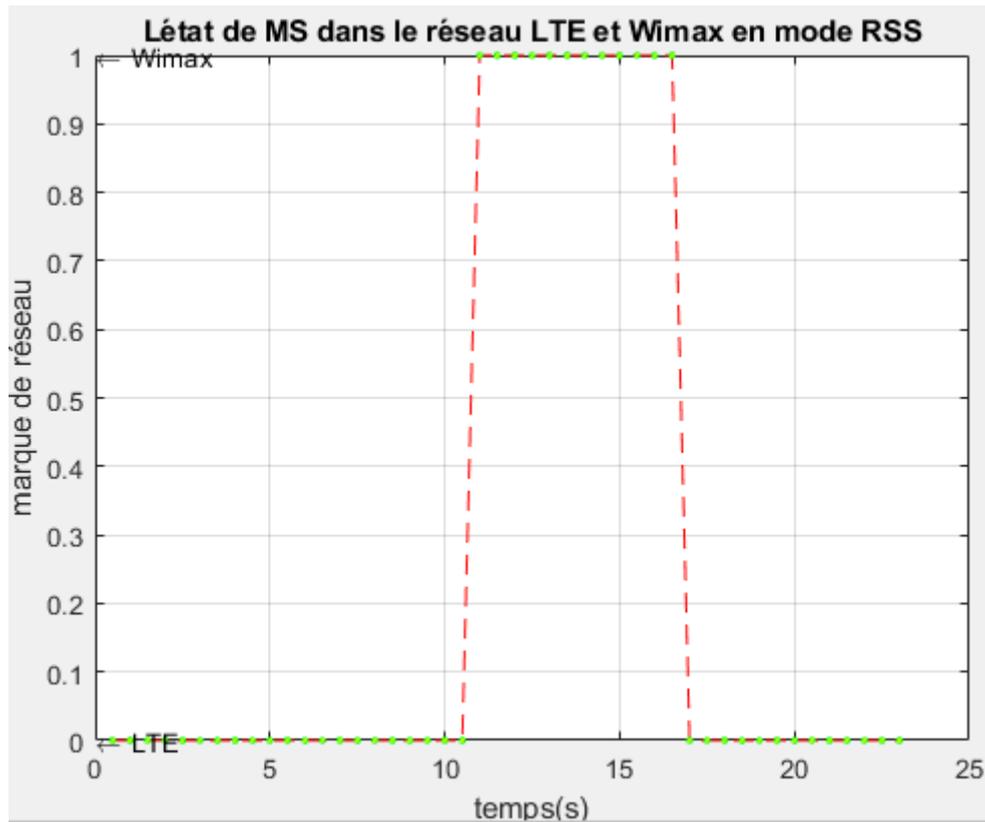


Figure 3.6 : L'état de la MS dans les réseaux LTE et WiMAX (RSS uniquement).

La figure 3.6 illustre le handover en fonction du RSS uniquement. Comme la figure, le MS reste dans le réseau LTE bien qu'il soit dans le réseau WiMAX, il ne transfère que lorsque le RSS pour WiMAX est devenu plus élevé que RSS pour LTE.

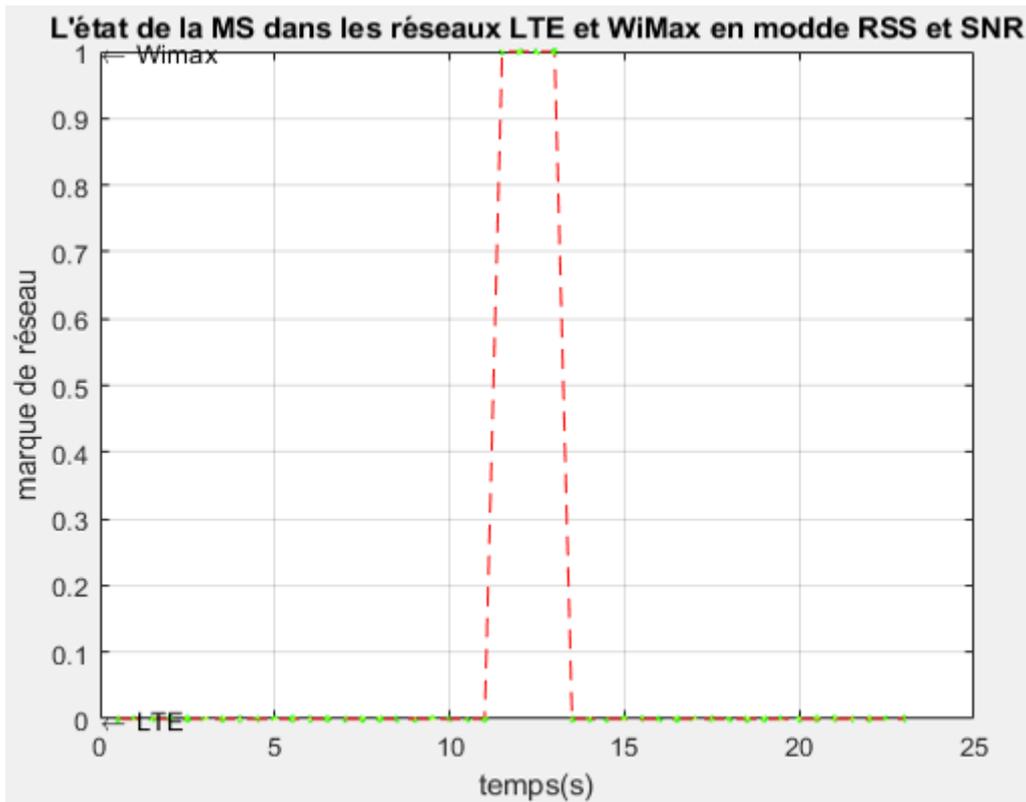


Figure 3.7: L'état de la MS dans les réseaux LTE et WiMAX (l'algorithme utilisé).

La figure 3.7 on remarque que malgré le RSS du WiMAX est plus élevé, le handover ne se produit pas en raison de la bande passante et du SNR. Donc dans ce cas on note que le handover intervient en fonction de ces deux paramètres supplémentaires et non pas qu'en fonction de RSS uniquement.

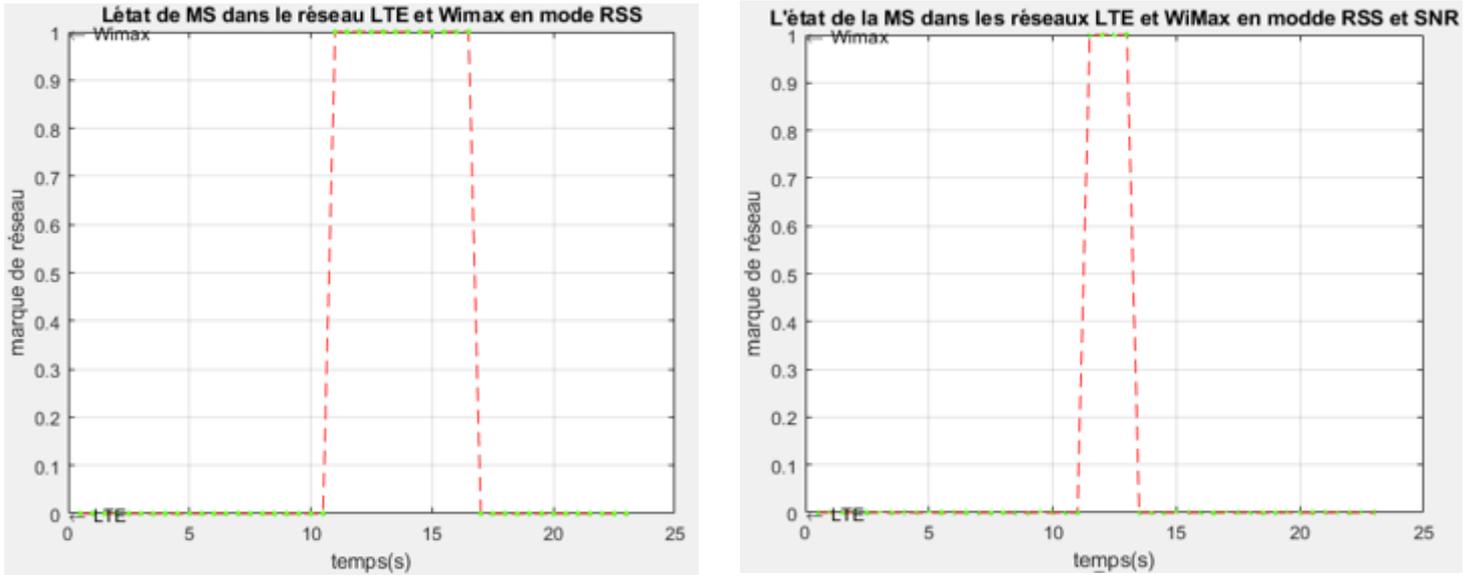


Figure 3.8 : Les différences dans le handover.

La figure 3.8 montre les différences de handover lorsque seul RSS est utilisé et lorsque SNR et la bande passante s'ajoutent aux critères de sélection, on remarque que quand seulement le RSS est utilisé, la durée de handover est d'environ (8s) par contre quand le SNR et la bande passante s'ajoutent à ce dernier on remarque que cette durée est d'environ (2s) dans ce cas on déduit que la durée de handover est réduite en rajoutant le SNR et la bande passante comme critères de sélection.

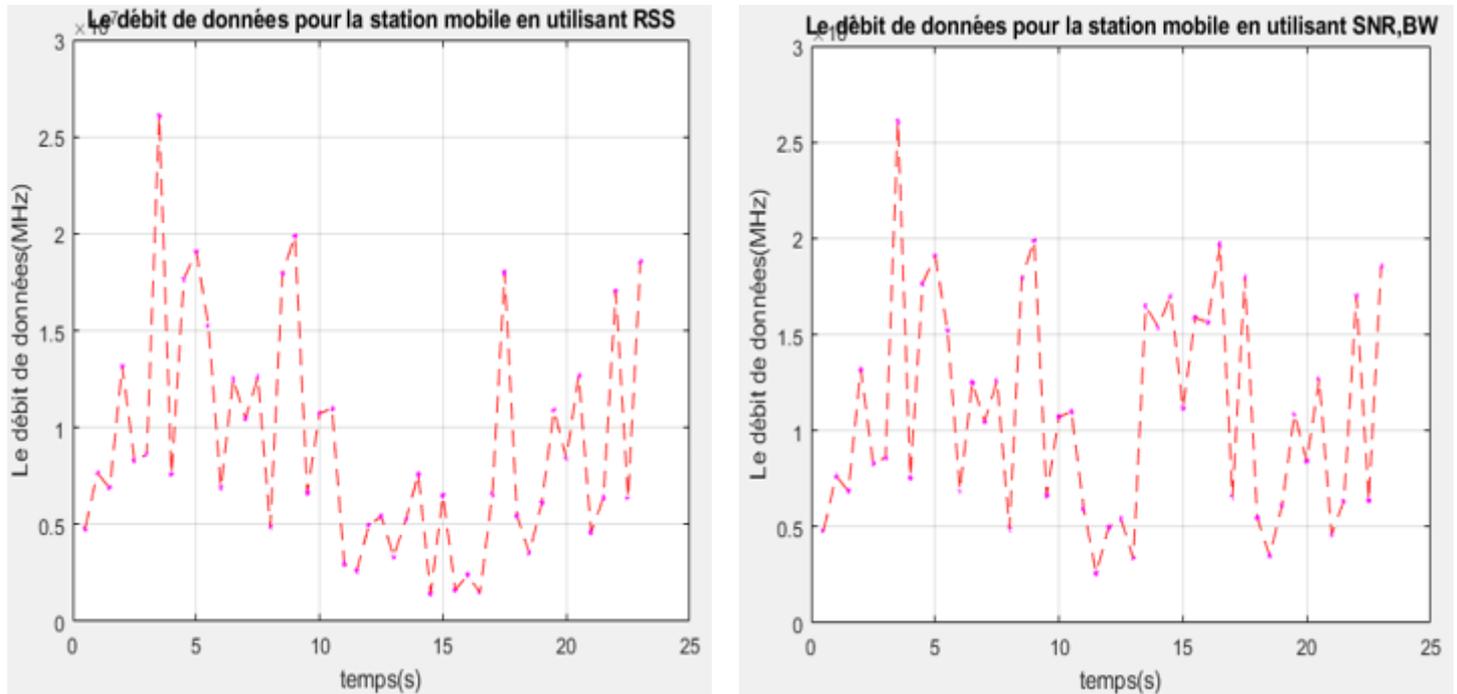


Figure 3.9: Les différences de débit de données.

La figure 3.9 représente les différences de débit de données en utilisant le RSS uniquement puis en ajoutant le SNR et la bande passante, on remarque que le débit de données entre (13 et 17 s) en utilisant le RSS, le SNR et la bande passante est plus élevé que le débit de données obtenu en utilisant le RSS uniquement et le handover intervient dans les deux cas. On déduit que l'ajout des paramètres supplémentaires au flux RSS augmente le débit de données par rapport à l'utilisation unique de RSS.

3.7 Conclusion

Le handover entre les différents réseaux d'accès dans les réseaux hétérogènes sans fil 4G reste un problème difficile. Afin de fournir une QoS à l'intérieur de l'environnement de réseau intégré, l'algorithme de handover vertical doit être sensible à la QoS, ce qui ne peut pas être réalisé par des critères de handover basés sur RSS uniquement. Le handover vertical doit donc être évalué en utilisant la bande passante et le SNR avec RSS des réseaux WiMAX et LTE comme critères de handover.

Dans ce travail, nous avons considéré deux réseaux 4G (LTE et WiMAX) et effectué un handover entre eux à l'aide de Matlab. Nous comparons deux types d'algorithmes pour le handover, le premier dépend uniquement de RSS et le second dépend de paramètres supplémentaires avec RSS (bande passante et SNR). La station mobile sera en LTE se déplaçant vers WiMAX. Quand elle arrive à la frontière de WiMAX, le MS détecte deux réseaux différents et il essaie grâce aux algorithmes implémentés de choisir l'un de ces réseaux en fonction des paramètres. Les résultats de l'analyse montrent que les performances du deuxième algorithme de handover sont en mesure d'offrir systématiquement à l'utilisateur un débit disponible maximal pendant le handover vertical. Les résultats de la simulation confirment également que cet algorithme offre un débit de données supérieurs par rapport à l'algorithme de handover vertical basé sur RSS.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons focalisé notre recherche sur un problème crucial qui se rapporte au phénomène de handover dans un réseau hétérogène. Pour arriver à comprendre ce problème, nous nous sommes confrontés dans une première étape aux généralités des réseaux mobiles.

C'est ainsi que dans le premier chapitre nous avons présenté les différentes générations de téléphonie mobiles, leurs caractéristiques, les technologies utilisés, ainsi que d'autres services pouvant être utilisés par chacune de ces générations cellulaires. Ensuite nous avons introduit le processus de handover en présentant quelques caractéristiques ainsi que son importance dans les réseaux homogènes et hétérogènes, ce processus qui maintient les appels et les sessions de données connectés même si un utilisateur passe d'un site cellulaire à un autre.

Dans le deuxième chapitre nous avons étudié le processus de handover vertical, nous avons vu qu'on pouvait le diviser en trois phases : collecte d'informations, sélection du réseau destination et exécution du handover. Finalement dans ce deuxième chapitre nous avons présenté et classifié quelques algorithmes de décision de handover vertical existant pour à la fin choisir l'algorithme le plus approprié à notre étude faite sur les réseaux de la 4G (LTE et WiMAX).

Dans le troisième et dernier chapitre de ce mémoire nous avons présenté l'essentiel de notre travail qui consiste à implémenter un algorithme de décision de handover vertical pour les réseaux hétérogènes. Ainsi nous avons supposé qu'un terminal mobile se déplace entre LTE et WiMAX. Le terminal mobile (MT) est d'abord testé, s'il est dans le réseau LTE ou WiMAX, s'il est dans les deux réseaux en même temps, il compare le RSS pour les deux réseaux (LTE et WiMAX), puis il mesure les performances du réseau pour les deux réseaux (bande passante et SNR), le réseau avec les meilleures performances et RSS plus élevé sera candidat. Si le réseau LTE est le réseau candidat, le MT y restera ou sera transféré au réseau WiMAX et vis-versa.

Les résultats obtenus sous Matlab montrent que les performances de l'algorithme de handover sont en mesure d'offrir systématiquement à l'utilisateur final un débit disponible maximal pendant le handover vertical. Les résultats de la simulation confirment également

que cet algorithme offre un débit de données supérieurs par rapport à l'algorithme de handover vertical basé sur RSS.

Notre travail est un point de départ qui doit être suivi d'une bonne continuation tant sur le plan théorique que pratique. Les travaux futurs pourraient s'améliorer dans l'algorithme utilisé ici en ajoutant des paramètres supplémentaires pour la sélection du réseau dans HetNet pour obtenir des résultats meilleurs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Raps Mk. 1G Vs. 2G Vs. 3G Vs. 4G Vs. 5G. 2020. URL < <http://net-informations.com/q/diff/generations.html>>
- [2] Sassi Maaloul. « Développement d'un mécanisme de Handover basé sur le concept de la conscience contextuelle(Context Awareness) dans des réseaux sans fil hétérogènes garantissant un accès ubiquitaire ». Technologies de l'information et de la communication. L'Ecole Supérieure des Communications de Tunis (Sup'Com). 2016. 139 pages.
- [3] Ahmad Rahil. « Gestion du Handover dans les réseaux hétérogènes mobiles et sans fil ». Réseaux et télécommunications [cs.NI]. Université de Bourgogne, 2015.
- [4] Petrer Stuckman. "The GSM Evolution". Aachen university, Germany. John Wiley & LTD. 2003.
- [5] Jack L. Burbank, Julia Andrusenko, Jared S. Everett et William T.M. Kasch. "Wireless Networking Understanding Internetworking Challenges". The Institute of Electrical and Electronics Engineers. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2013.
- [6] Harri Holma et Antti Toskala. "WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE, Fifth Edition". Nokia Siemens Networks, Finland. John Wiley & Sons. 2010.
- [7] Johan Langer et Gwenn Larsson, "CDMA2000 _A world view". Ericsson Review No. 3. 2001.
- [8] Samuel C et Yang, "3G CDMA2000: Wireless System Engineering". Artech house. NC, 2004.
- [9] Yannick Bouguen, Eric Hardouin et François-Xavier Wolff. « LTE pour les réseaux 4G ». EYROLLES. 2012.
- [10] OUNOUH Nabila, SAHI Sara. « Etude et optimisation des paramètres de base d'un réseau LTE d'ATM ». Télécommunications et réseaux. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2018. 63 pages.
- [11] IEEE Std 802.16™-2004. "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", October 2004.

- [12] SuShAnT. "Vertical Handover in 4G networks". Aout , 2011. URL <http://verticalhandover.blogspot.com/2011/08/handover-processes.html>
- [13] Mukesh Ramalingam. "Vertical handoff target selection in a heterogeneous wireless network using fuzzy electre". Master of science in electrical engineering. Florida International University. 2015. 56 pages.
- [14] Daniela Maniezzo. Proposed Research. URL <http://web.cs.ucla.edu/ST/research.html>. 2004.
- [15] AZZALI, Fazli, GHAZALI, Osman, et OMAR, Mohd Hasbullah. Fuzzy logic-based intelligent scheme for enhancing QoS of vertical handover decision in vehicular ad-hoc networks. In : *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2017. p. 012-081.
- [16] I. F. Akyildiz et W. Wang. "A dynamic location management scheme for next-generation multitier PCS systems". *IEEE Trans. Wirel. Commun.* vol. 1, no. 1, pp. 178–189, 2002.
- [17] Abderrahmane BENMIMOUNE. « Handoff vertical entre réseau umts et wlan ». Maîtrise en génie concentration réseau télécommunications M.Ing. Ecole de technologie supérieure université du québec, MONTRÉAL, LE 6 MAI 2010.
- [18] Saif Eddine ABDELMALEK. « Algorithme de transfert intercellulaire vertical pour les réseaux sans fil hétérogènes basé sur le filtrage de kalman ». Maîtrise en génie électrique M.Ing. Ecole de technologie supérieure université du québec, MONTRÉAL, LE 28 novembre 2011.
- [19] Xiaohuan, Yan. Y, Ahmet Sekercioglu et Sathya Narayanan. "A survey of vertical handover decision algorithms in Fourth Generation heterogeneous wireless networks". Elsevier journal. 2010.
- [20] Kemeng Yang, Iqbal Gondal, Bin Qiu et Laurence S. Dooley. "Combined SINR Based Vertical Handoff Algorithm for Next Generation Heterogeneous Wireless Networks". *Global Telecommunications. Conference - Washington DC*. 2007.
- [21] Fang Zhu et Janise McNair. "Optimizations for Vertical Handoff Decision Algorithms". *IEEE WCNC*. 2004.

- [22] M. Pondarré et M. Vignault. « Mécanisme de handover dans les réseaux LTE et WIMAX ». TELECOM Lille1. URL < http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesser2010-ttnfa2011/pondarre_vignault/Mecanisme_de_Handover_dans_les_LTE_et_Wimax/Accueil.html >. 2011.
- [23] Guy Pujolle. « Les réseaux ». L'ére des réseaux cloud et de la 5G. Edition Eyrolles. 2018.
- [24] Andrea Goldsmith. "Wireless Communications". Publier par Cambridge University Press. 2005.
- [25] Jasni Mohamed, Hocine Cherifi et Eyas El-Qawasmeh, "Digital information and communication technology and its applications". Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011.
- [26] Mischa Schwartz. "Mobile Wireless communications". publier par Cambridge University Press. 2005.
- [27] Rainer Schoenen et Bernhard H. Wlke, "On PHY and MAC performance of 3G-LTE in a multi-hop cellular environment". IEEE WiCom. 2007.

Résumé

Les standards de la quatrième génération assurent l'interopérabilité entre différentes technologies d'accès sans fil. Ceci est en partie permis par le handover vertical (VHO) qui assure une continuité de service lorsqu'on change de technologie d'accès.

Dans ce projet, nous utilisons un algorithme de décision de handover vertical (VHD) pour optimiser l'efficacité des processus de transfert vertical dans les réseaux sans fil hétérogènes de quatrième génération (4G) où augmenter le débit et le débit de données pour l'utilisateur, Ici, nous avons considéré deux réseaux 4G (LTE et WiMAX) et effectué un handover entre eux sous Matlab. Le handover entre eux s'exécutera en fonction du RSS, de la bande passante et du SNR, ce qui est comparable au handover en fonction du RSS uniquement. Les résultats montrent que le débit de données augmente lorsque nous utilisons des paramètres supplémentaires au RSS. Cela se compare à la remise selon le RSS uniquement.

Abstract

Fourth generation standards ensure interoperability between different wireless access technologies. This is partly enabled by the vertical handover (VHO) which ensures continuity of service when changing access technology.

In this project, we are using a vertical handover decision algorithm (VHD) to optimize the efficiency of vertical transfer processes in heterogeneous fourth generation (4G) wireless networks where to increase the data rate and the data rate for the user, Here we have considered two 4G networks (LTE and WiMAX) and carried out a handover between them using Matlab. The handover between them will execute according to RSS, bandwidth and SNR, which is comparable to handover according to RSS only. The results show that data throughput increase when we use additional parameters to RSS. This compares to RSS delivery only.